



## „Ohne Verkehrswende keine Energiewende“

---

EWS Schönau  
Stromseminar, 01. Juli 2017

Dr. Fritz Vorholz

---

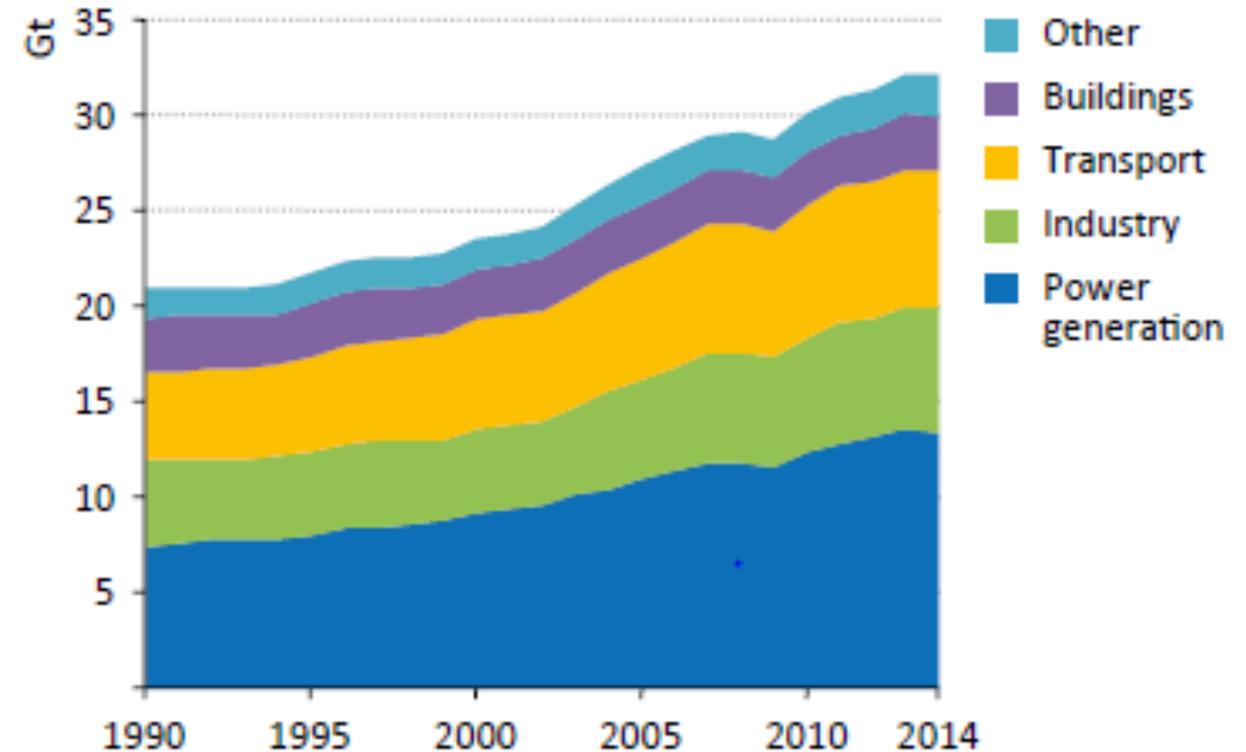
# Bombus hortorum...



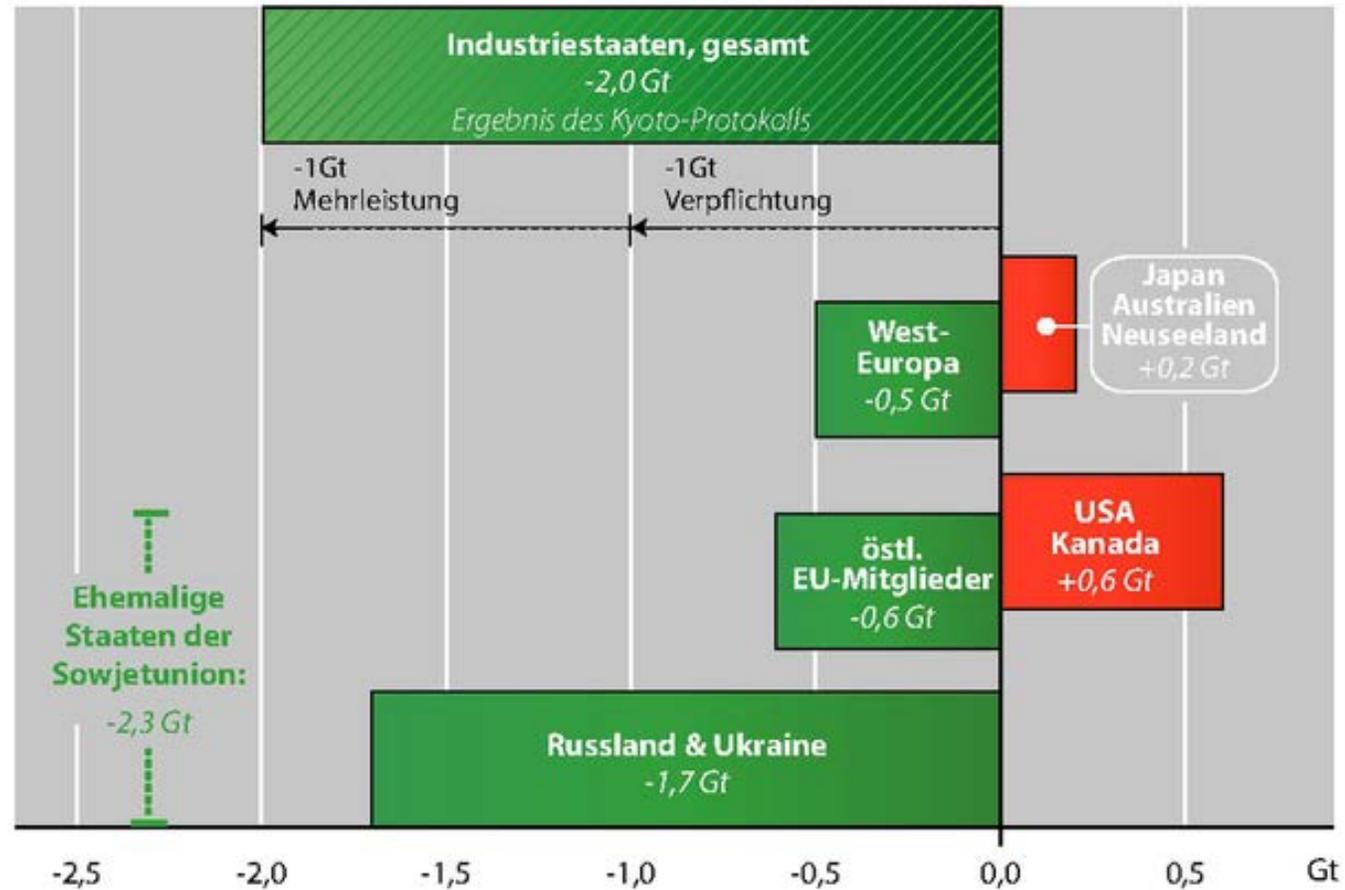
# Die Klimakonvention 1992

„Das Endziel dieses Übereinkommens ist es, die Stabilisierung der Treibhausgaskonzentrationen in der Atmosphäre auf einem Niveau zu erreichen, auf dem eine gefährliche anthropogene Störung des Klimasystems verhindert wird.“

## CO<sub>2</sub>-Emissionen weltweit



# Kyoto Protokoll 1997

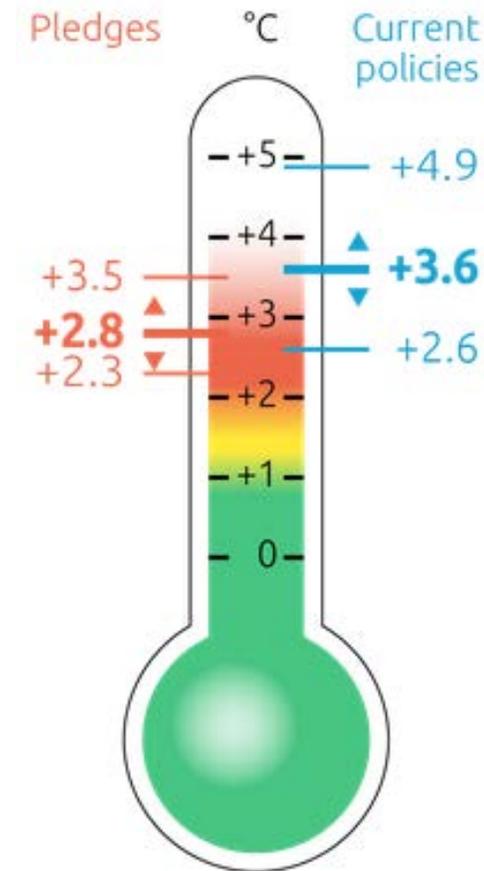


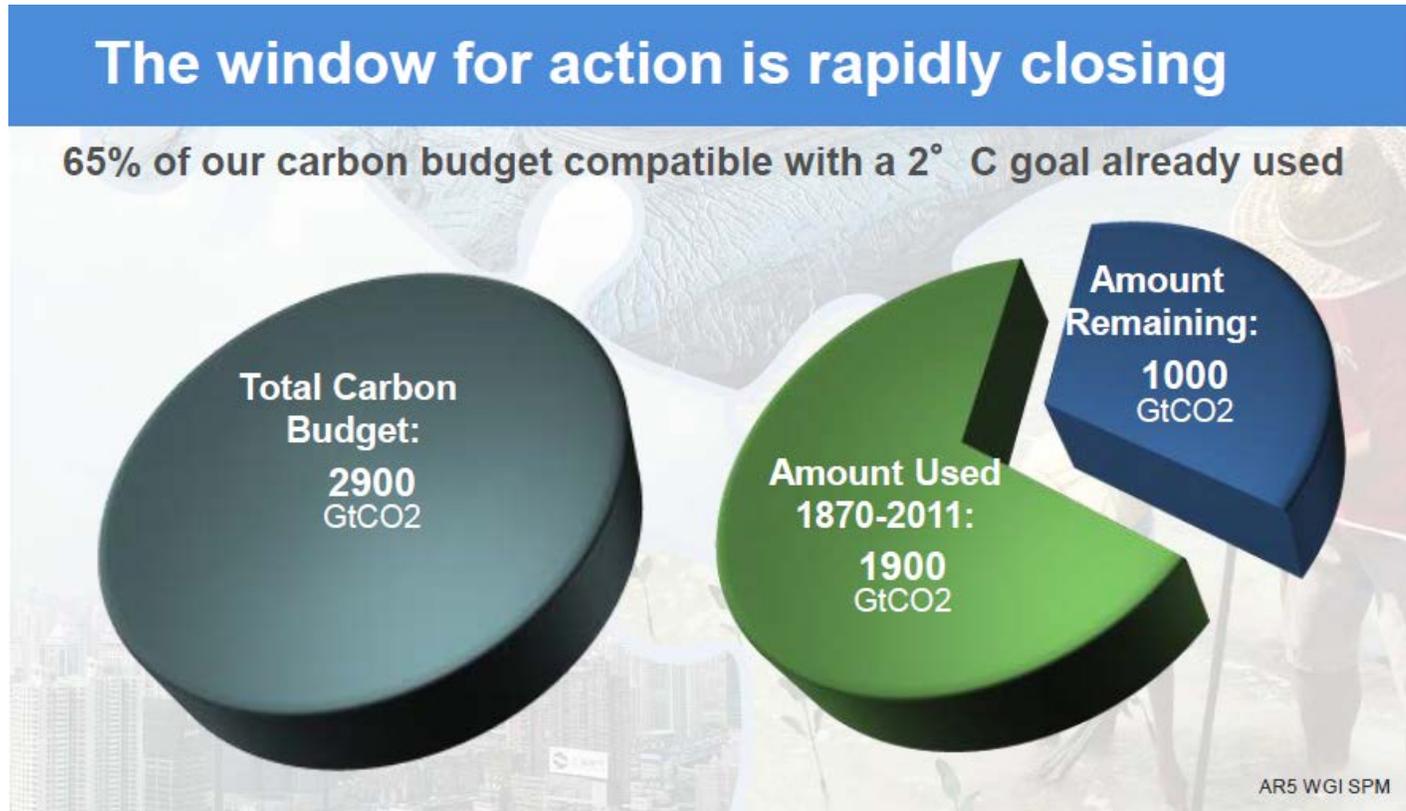
Lediglich formal haben die Industriestaaten die Kyoto-Vereinbarungen erfüllt.

# Das Übereinkommen von Paris 2015...

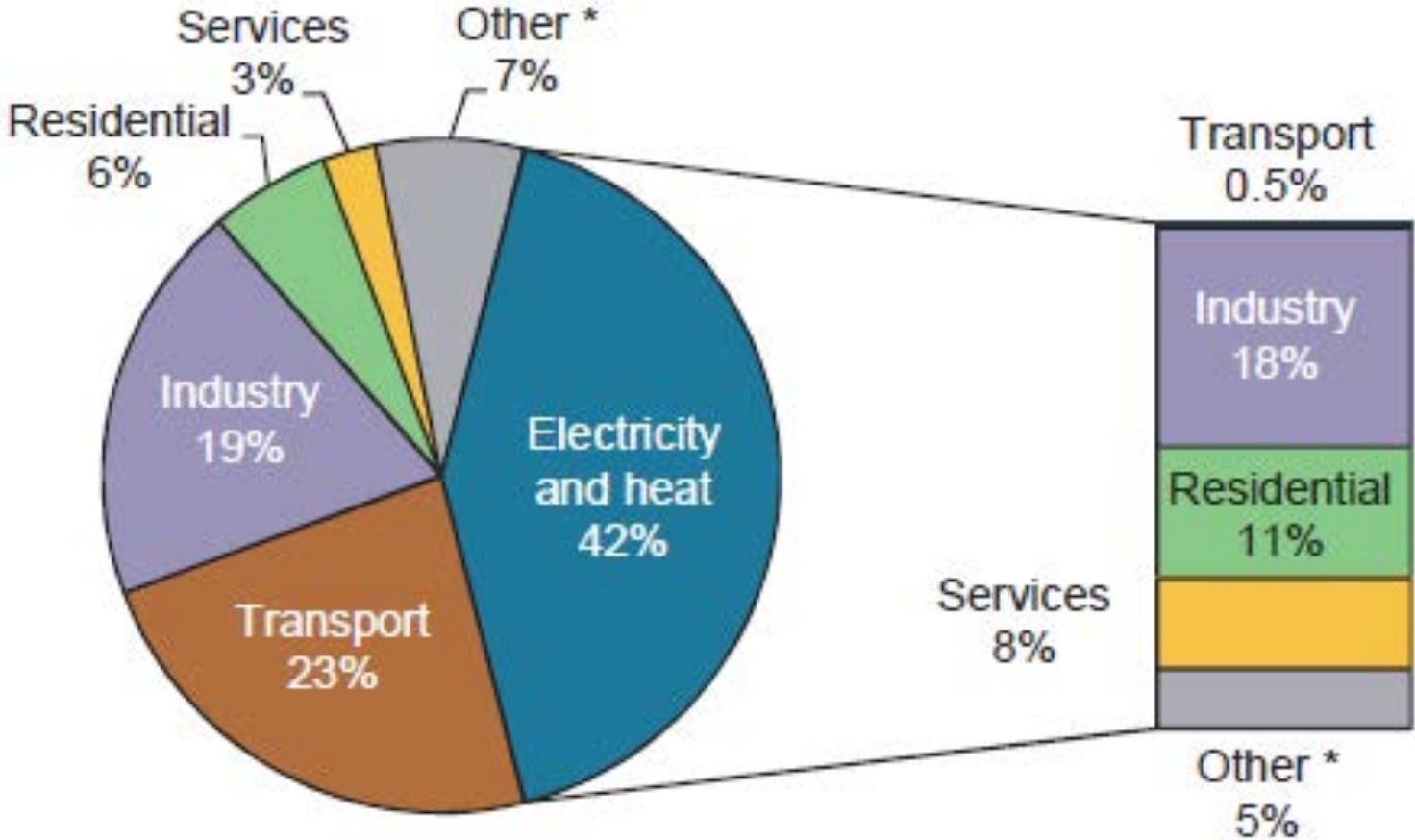
... zielt darauf ab, dass

„der Anstieg der durchschnittlichen Erdtemperatur **deutlich unter 2 °C** über dem vorindustriellen Niveau gehalten wird und Anstrengungen unternommen werden, um den Temperaturanstieg **auf 1,5 °C** über dem vorindustriellen Niveau zu begrenzen, da erkannt wurde, dass dies die Risiken und Auswirkungen der Klimaänderungen erheblich verringern würde.“





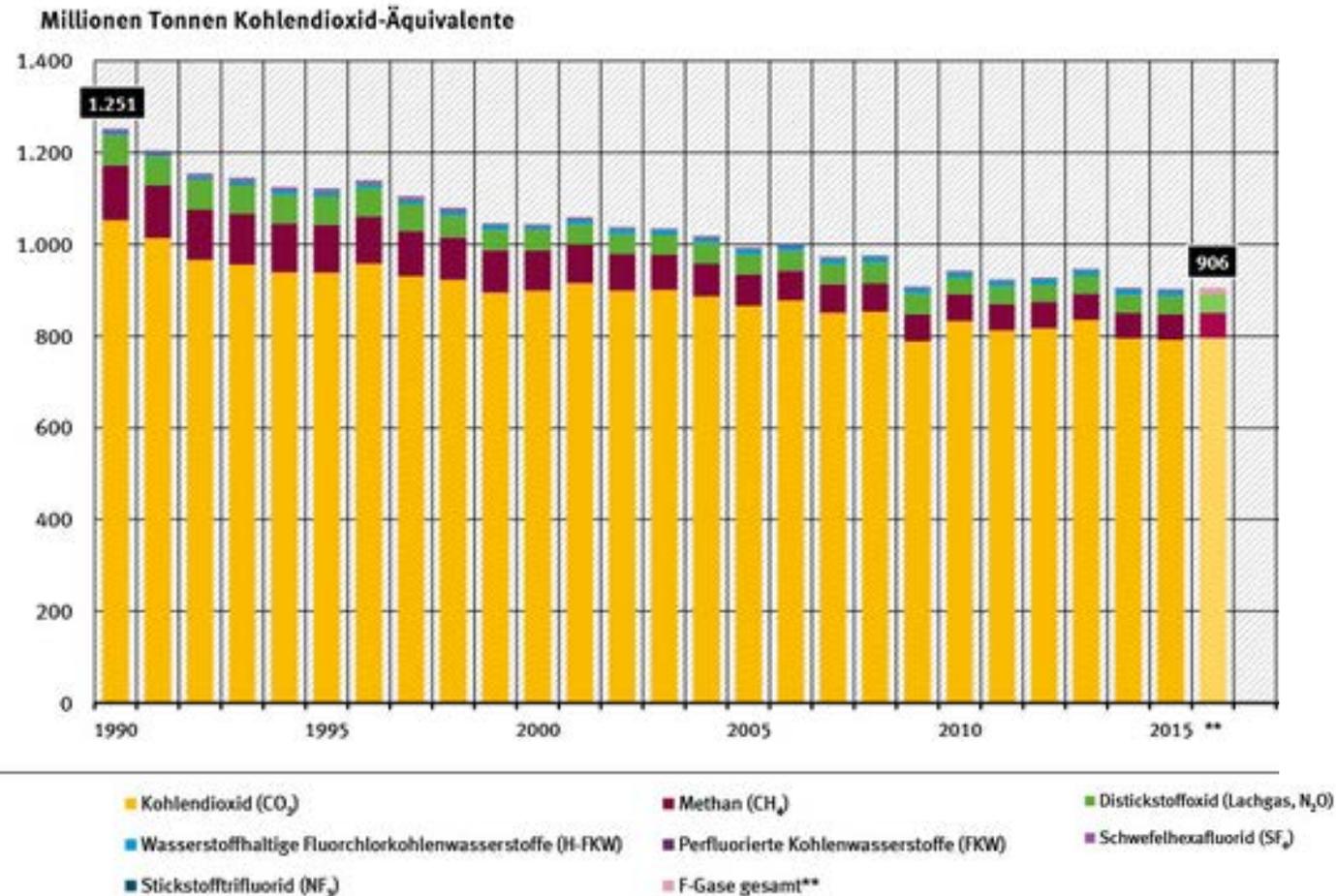
# Globale CO<sub>2</sub>-Emissionen nach Sektoren (2014)



Quelle: IEA

\* Land- und Forstwirtschaft, Fischerei

# Treibhausgas-Emissionen seit 1990 nach Gasen in Deutschland



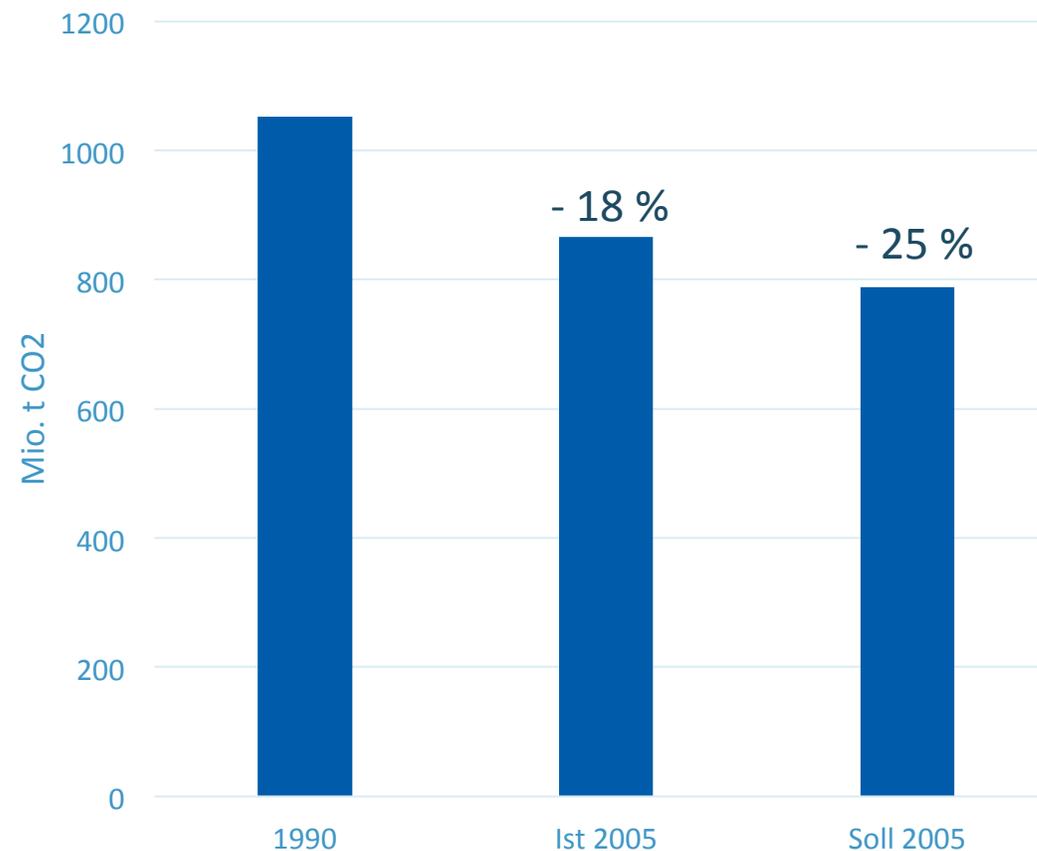
\* Ziele 2020 bis 2050: Energiekonzept der Bundesregierung (2010)

\*\* Schätzung 2016

**Bis 2005 minus 25% CO<sub>2</sub> im Vergleich zu 1990\***

\*Bundeskanzler Helmut Kohl bei COP1 in Berlin  
1995

## CO<sub>2</sub>-Emissionen 1990 / 2005

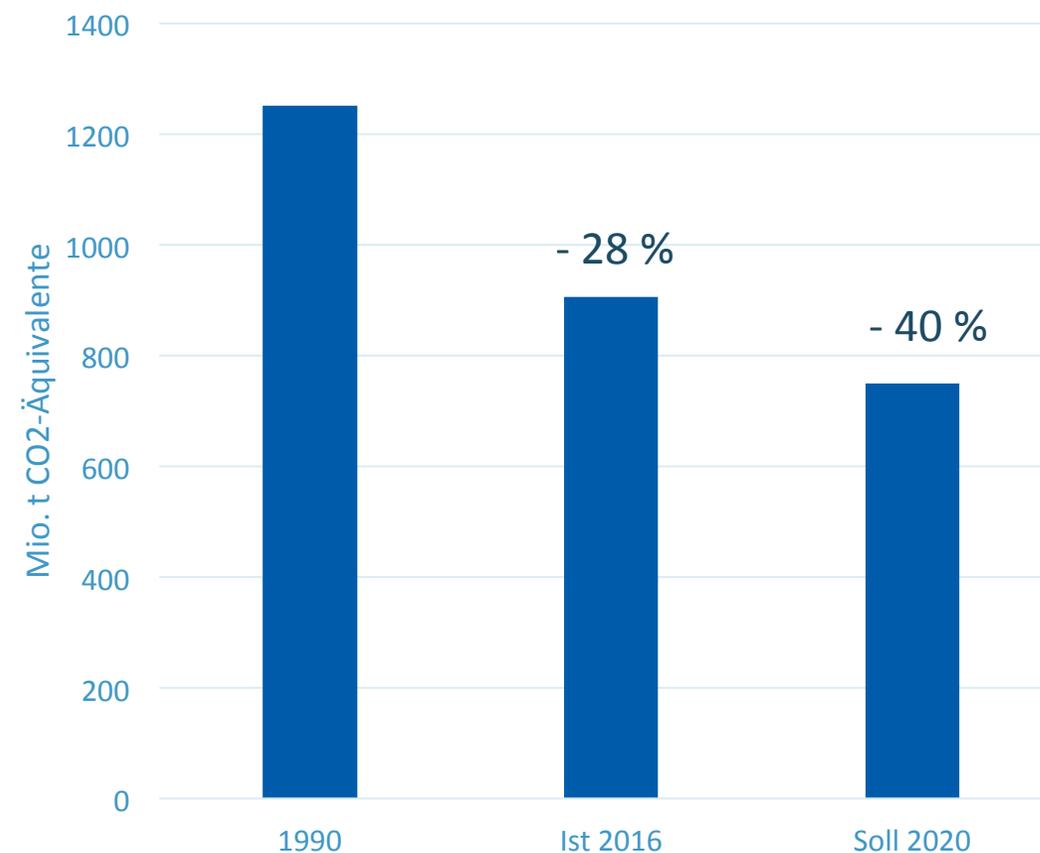


Quelle: UBA

Senkung der Treibhausgas-Emissionen um 40% bis 2020 gegenüber 1990\*

\*Koalitionsvertrag 2002

## THG-Emissionen 1990 / 2016



Quelle: UBA

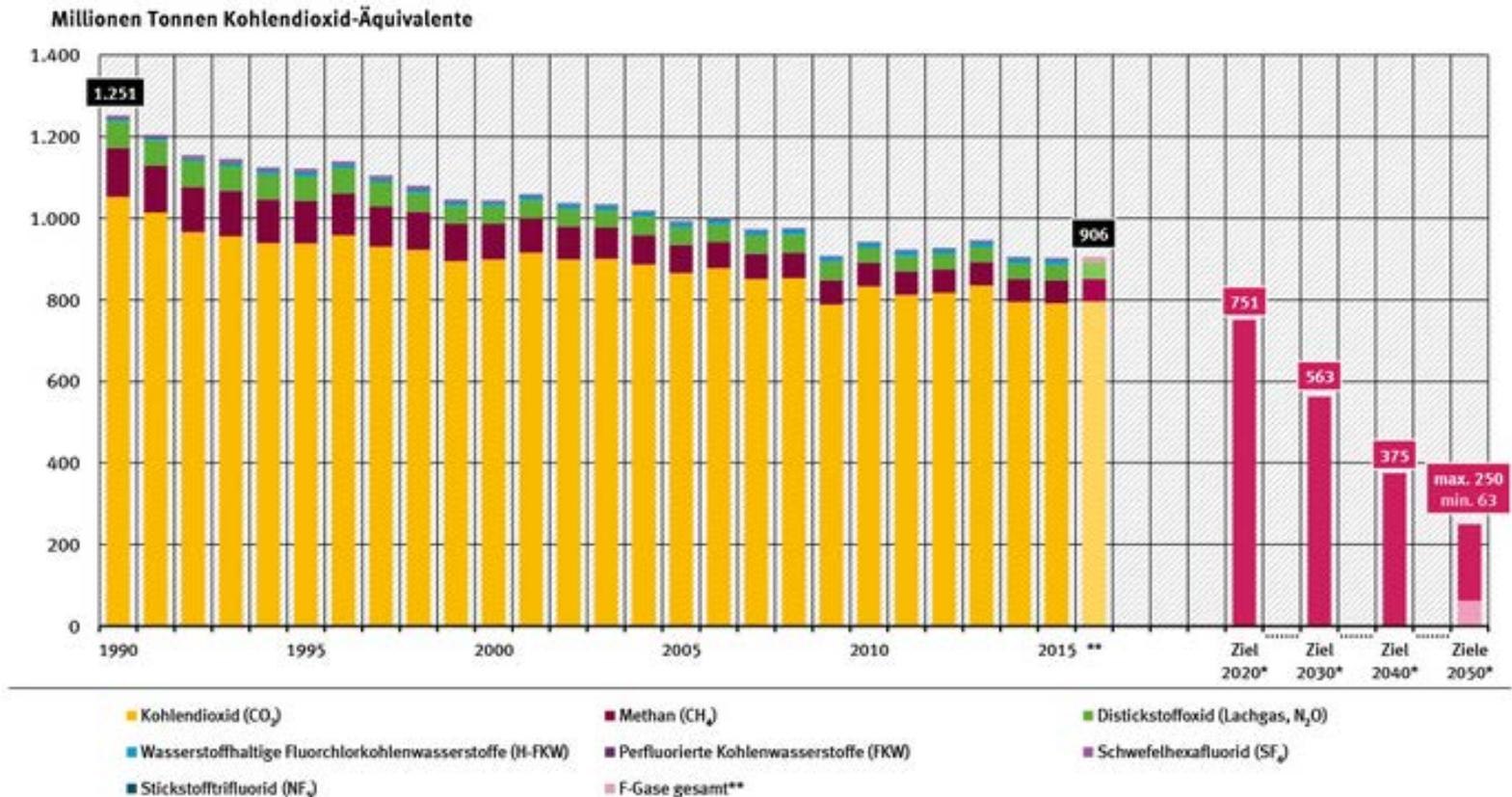
# Klimaschutzversprechen 2010/2016

Senkung der THG-Emissionen um mindestens 55% bis 2030, 70% bis 2040 und um 80-95% bis 2050\*

Weitgehende Treibhausgasneutralität bis 2050\*\*

\*Energiekonzept vom September 2010 \*\*Klimaschutzplan 2050 vom Dezember 2016

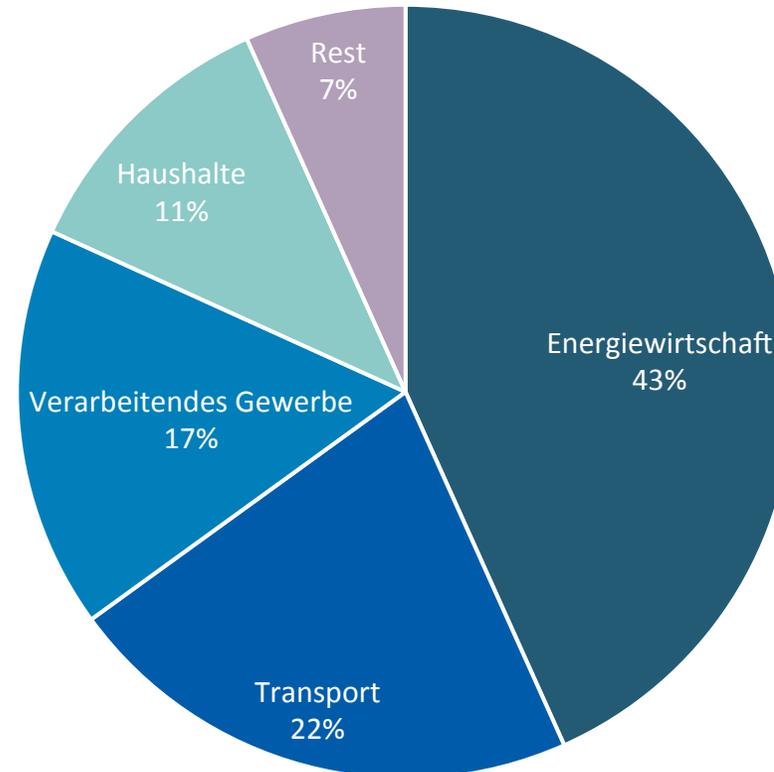
Treibhausgas-Emissionen seit 1990 nach Gasen



\* Ziele 2020 bis 2050: Energiekonzept der Bundesregierung (2016)  
\*\* Schätzung 2016

Quelle: Umweltbundesamt, Nationale Treibhausgas-Inventare 1990 bis 2015 (Stand 02/2017) und Schätzung für 2016 (Stand 03/2017)

# Energiebedingte Emissionen in Deutschland nach Sektoren 2016\*



\*Insgesamt 766,7 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äquivalente = 85 % aller THG

# Berlin (Gleim-Tunnel), Juli 2016



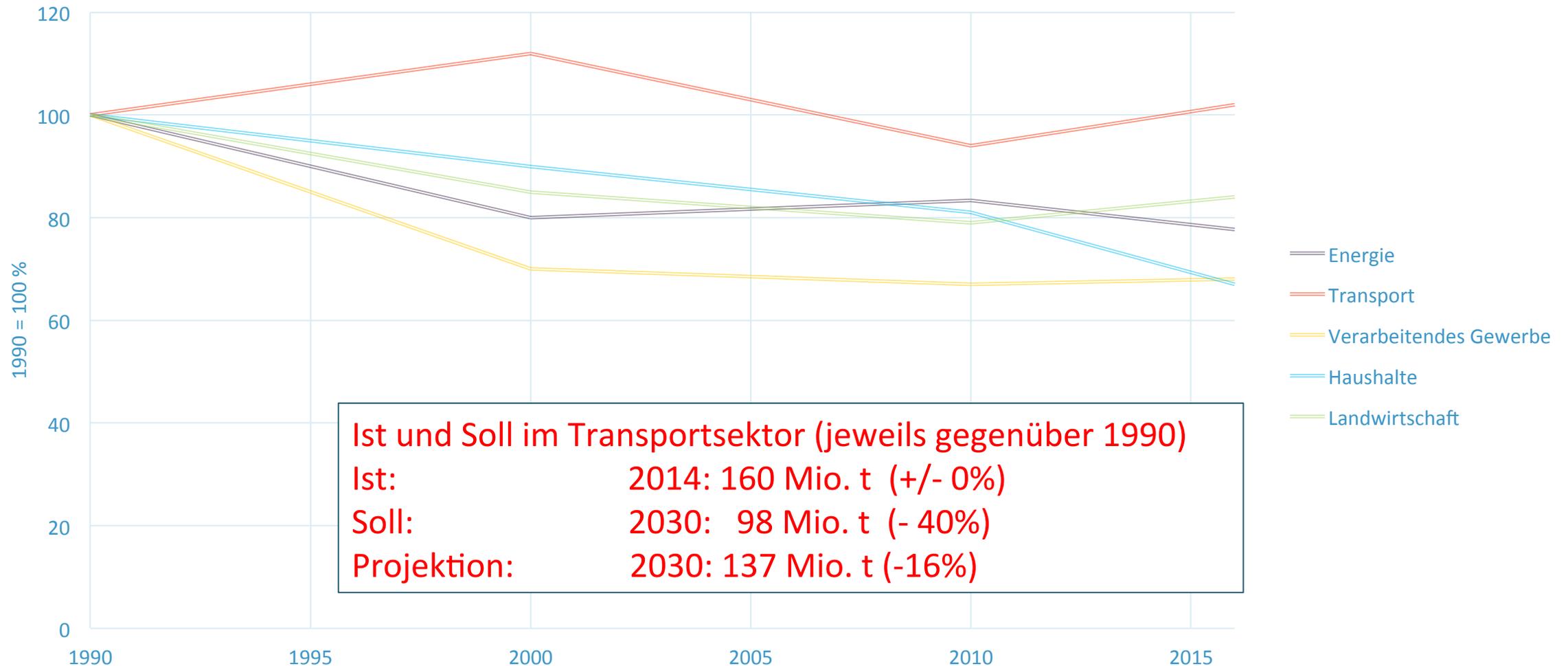
# Simbach (Inn), August 2016



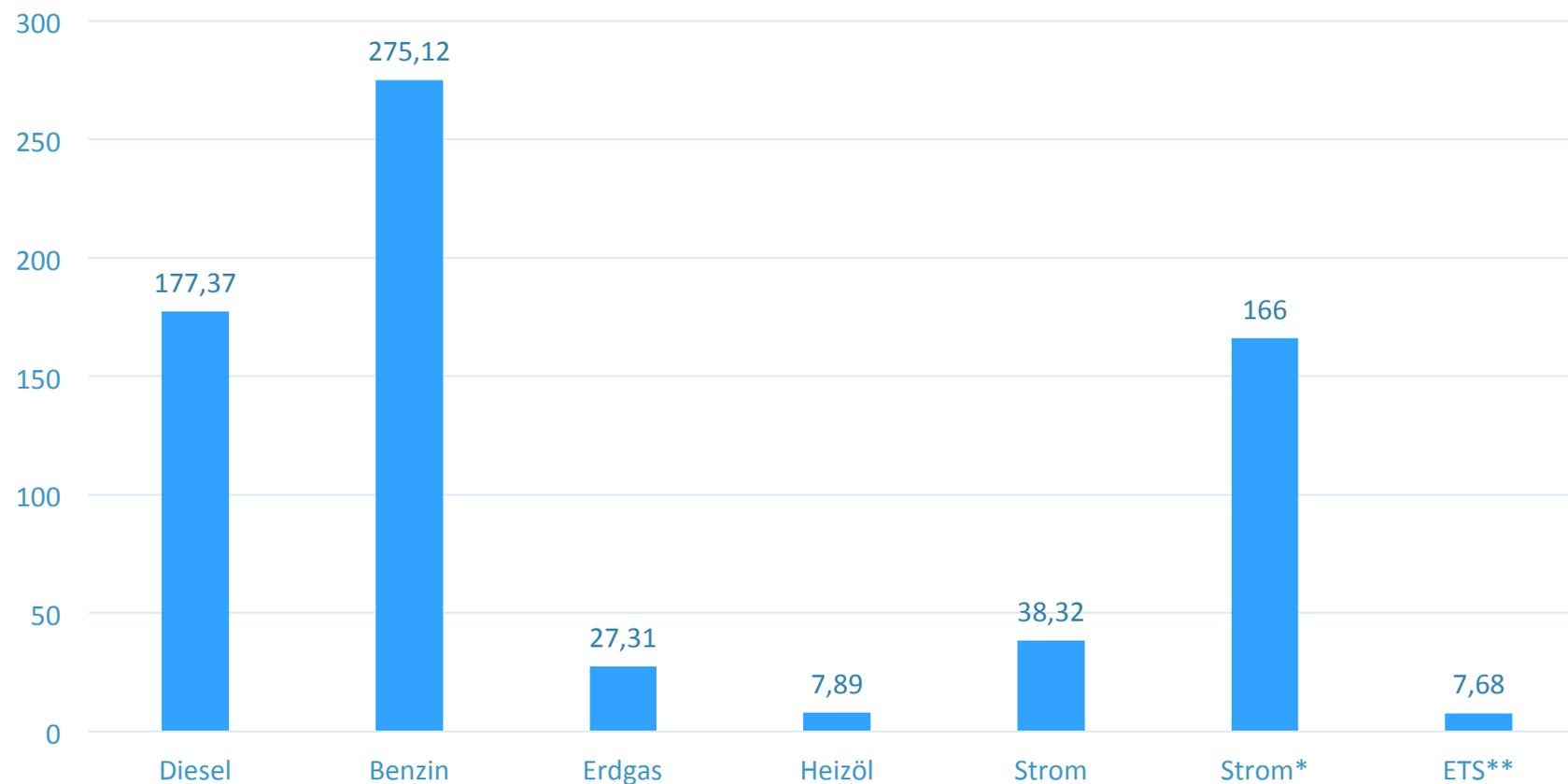
# Höchenschwand (Baden-Württemberg), März 2015



# Relative Entwicklung der THG-Emissionen nach Sektoren



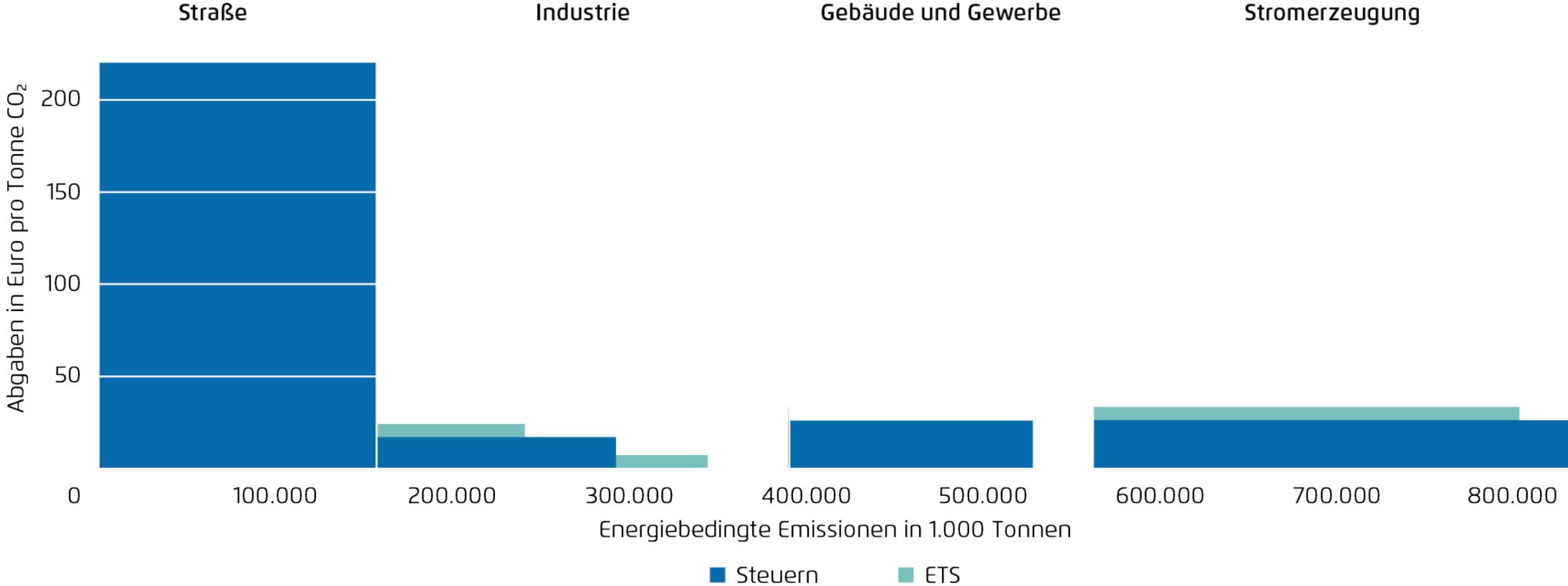
# Steuern in Euro pro Tonne CO<sub>2</sub>



\* inkl. EEG- und KWK-Umlage (2015)

\*\* 2015

# Effektive CO<sub>2</sub>-Abgaben



Quelle: OECD

# Die Geometrie der Verkehrswende

## VERKEHRSWENDE

Die Verkehrswende stellt die Klimaneutralität des Verkehrs bis zum Jahr 2050 sicher.



### MOBILITÄTSWENDE

Die Mobilitätswende sorgt für die Senkung des Endenergieverbrauchs ohne Einschränkung der Mobilität.

+

### ENERGIEWENDE IM VERKEHR

Die Energiewende im Verkehr sorgt für die Deckung des verbleibenden Endenergiebedarfs mit klimaneutraler Antriebsenergie.



■ Öffentlicher Verkehr

- S-Bahn
- U-Bahn
- Tram
- Bus
- Taxi

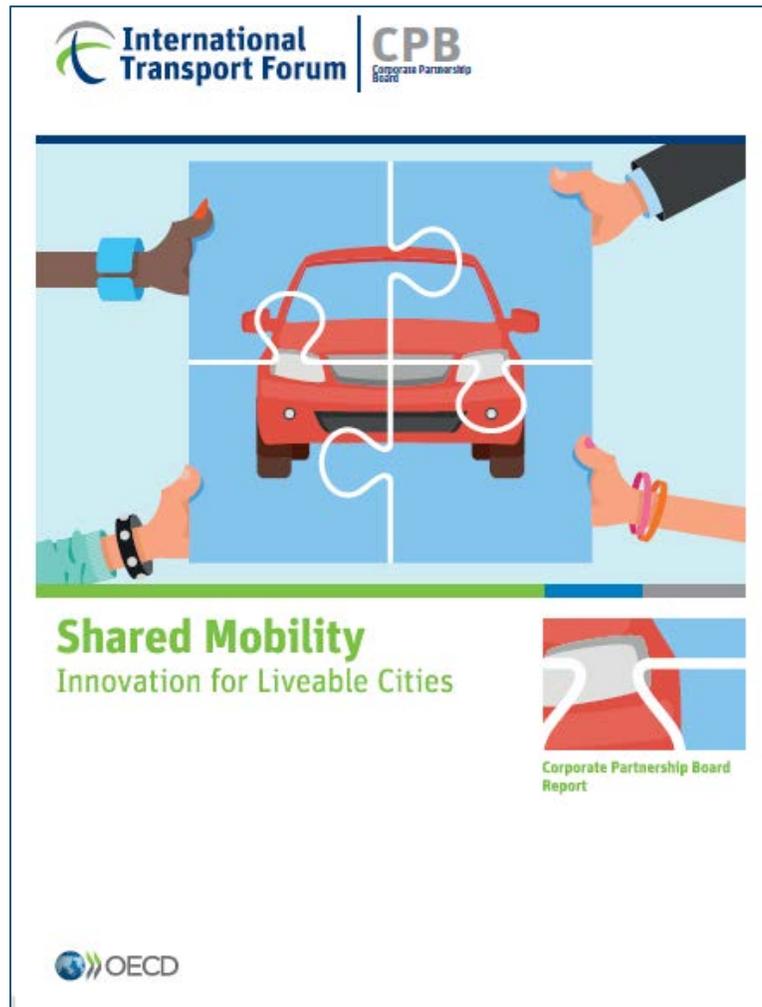
■ Nahmobilität

- Fahrrad
- Fußgänger

■ Kollaborative Mobilität

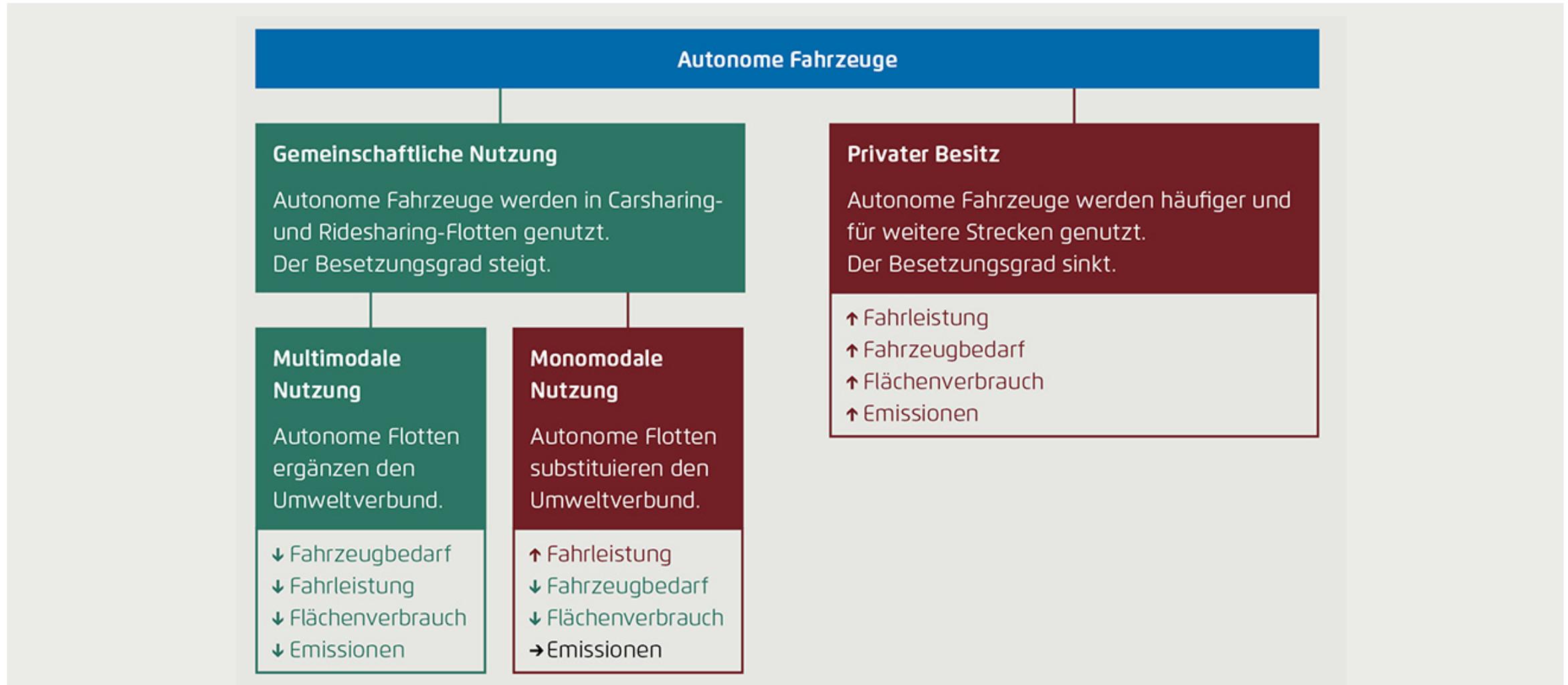
- Carsharing
- Ridesharing
- Bikesharing

## Sind 97 Prozent der Autos überflüssig?



Congestion disappeared, traffic emissions were reduced by one third, and 95% less space was required for public parking in our model city served by Shared Taxis and Taxi-Buses. **The car fleet needed would be only 3% in size of the today's fleet.** Although each car would be running almost ten times more kilometres than currently, total vehicle-kilometres would be 37% less even during peak hours. The much longer distances travelled imply shorter life cycles for the shared vehicles. This enables faster uptake of newer, cleaner technologies and contributes to more rapid reduction of CO2 emissions from urban mobility.

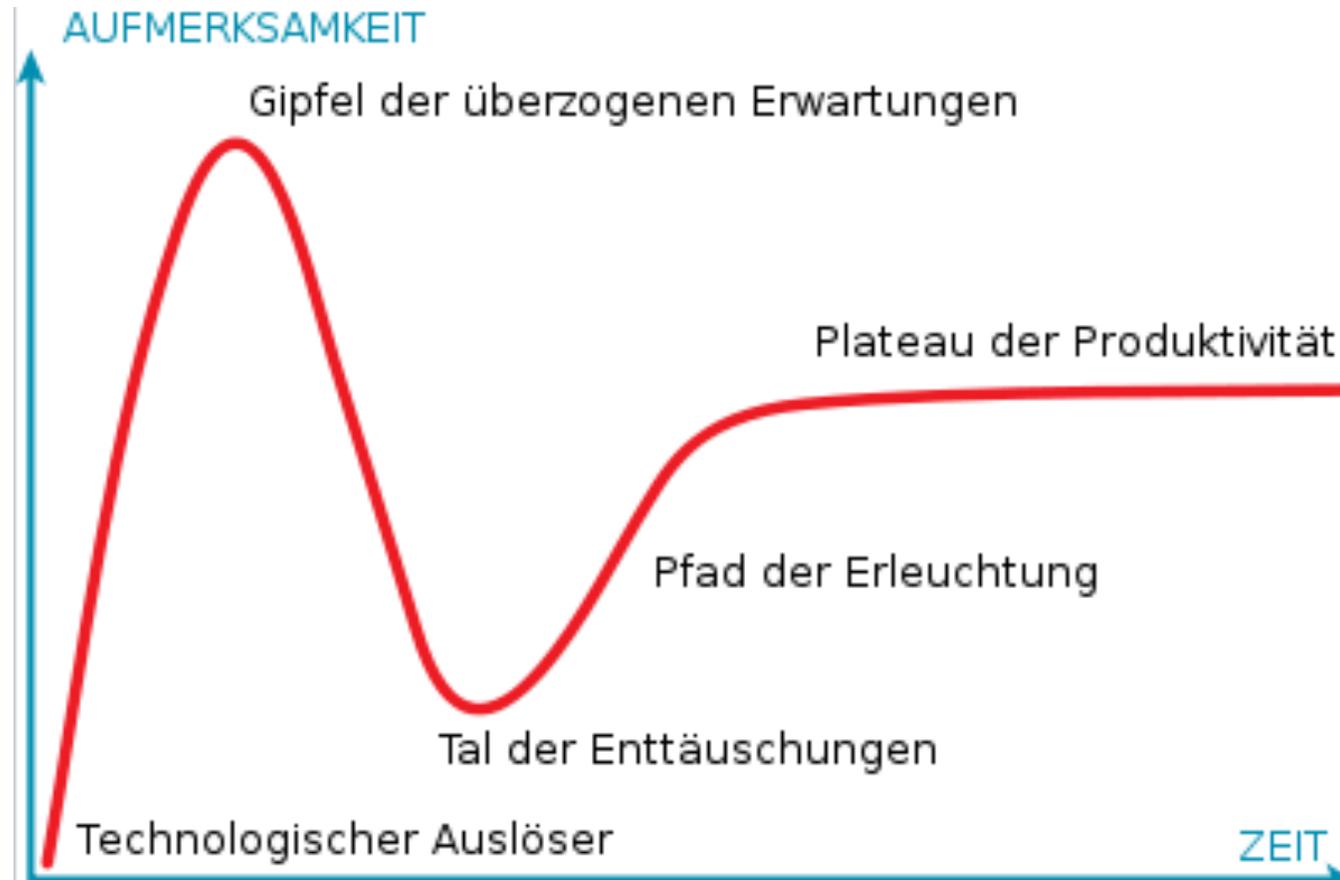
# Nutzungsformen und Auswirkungen der Fahrzeugautomatisierung



# Elektrofahrzeug 1943

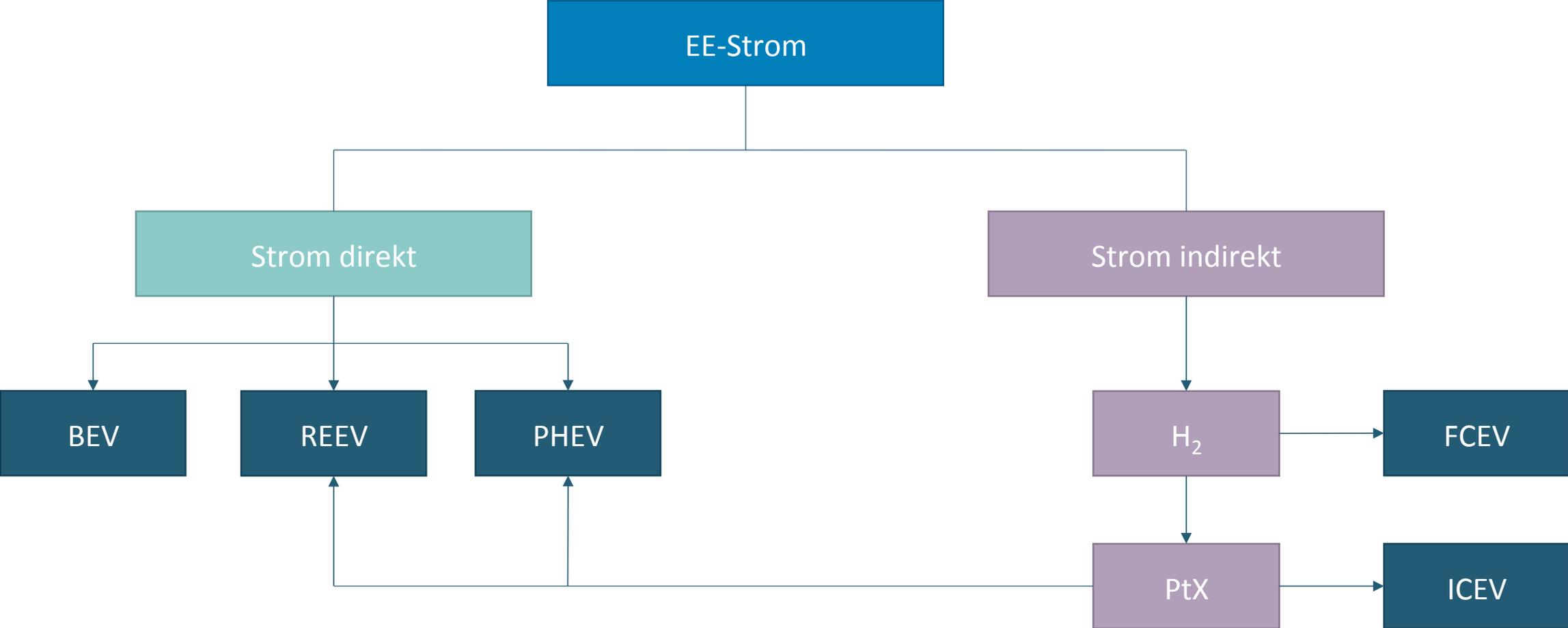


# Der Hype-Zyklus



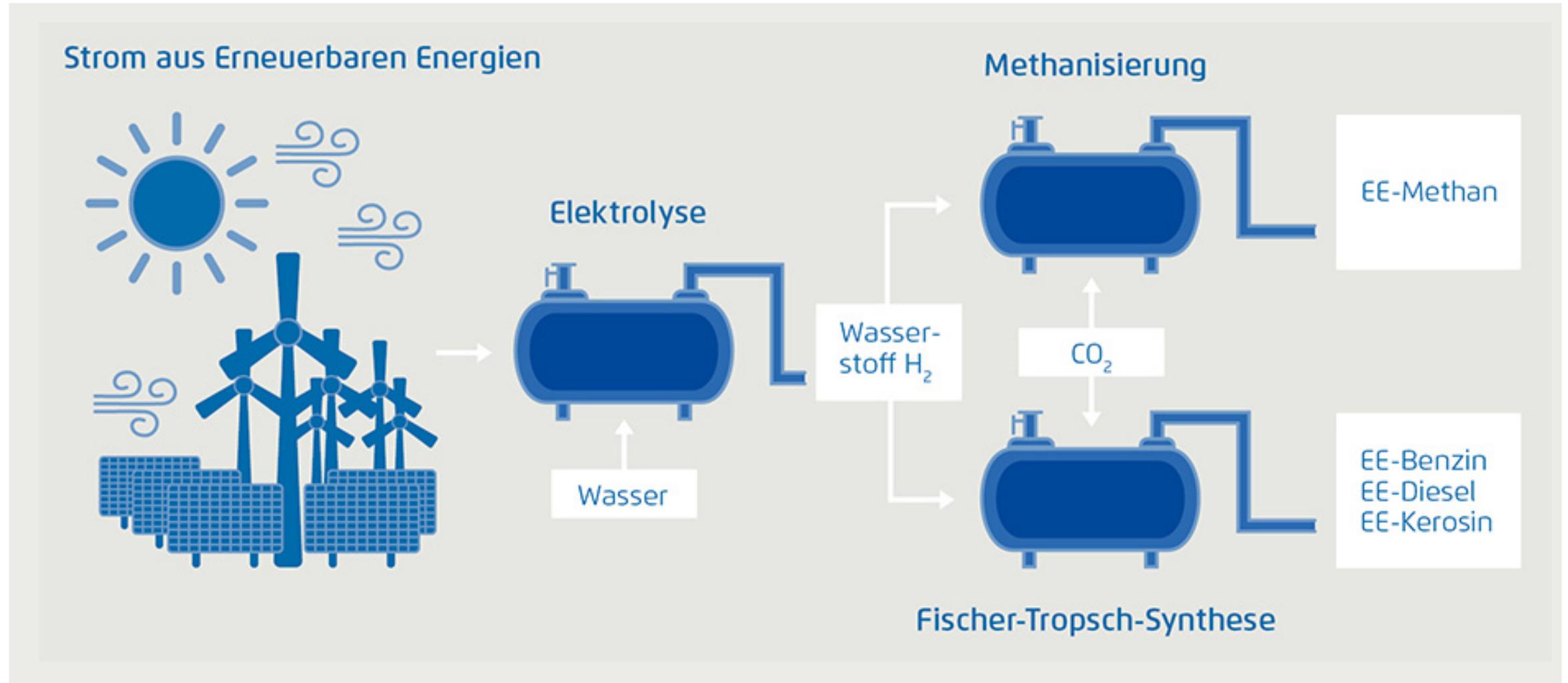
„Insgesamt sind die Nachteile der Elektrofahrzeuge beim heutigen Stand der Technik so gravierend, dass nur eine Nischenanwendung zu erwarten ist.“ (SRU 2005)

„Die (technische) Vision einer zukünftigen Fahrzeugflotte, die vor allem von Elektromotoren angetrieben wird, sollte deutlicher herausgestellt werden, um der Fahrzeugentwicklung (und auch dem notwendigen Infrastrukturaufbau) Richtungssicherheit zu geben.“ (SRU 2016)

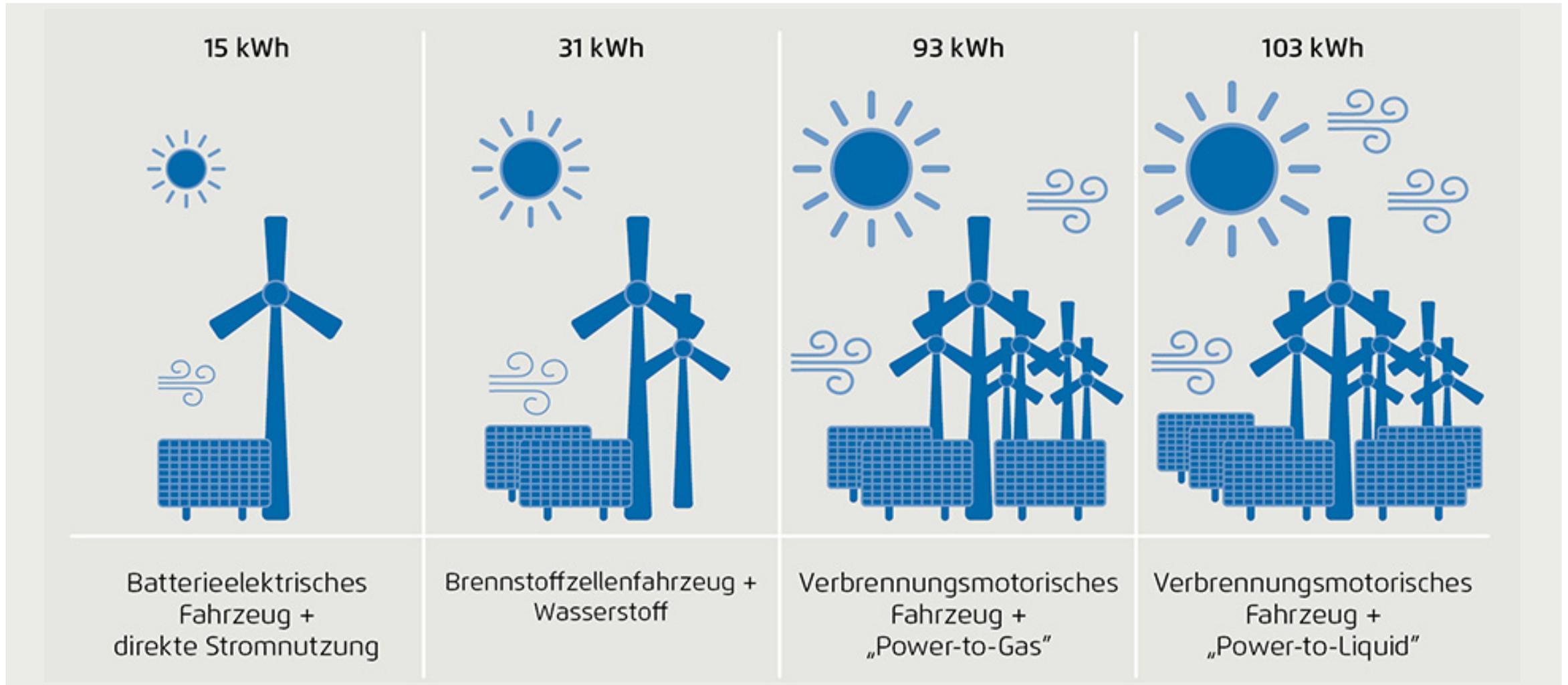


Quelle: eigene Darstellung

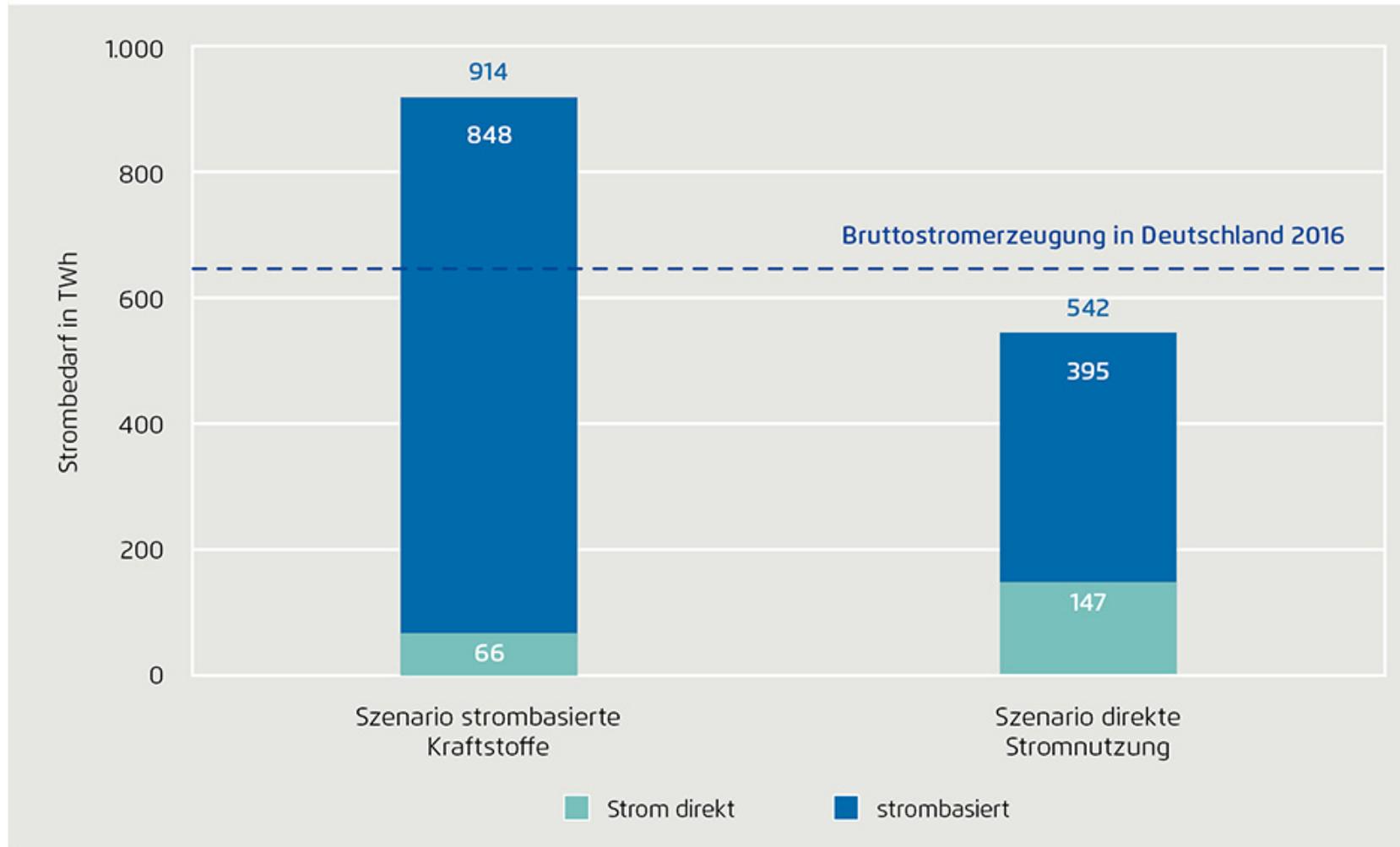
# Prozessschritte der Gewinnung von Wasserstoff sowie von PtG-Methan bzw. PtL-Kraftstoffen aus Sonnen- und Windenergie



# Strombedarf aus Erneuerbaren Energien für verschiedene Antriebs- und Kraftstoffkombinationen (pro 100 km, Pkw)



# Strombedarf des Verkehrs in Deutschland\* in Abhängigkeit vom Dekarbonisierungspfad (2050)

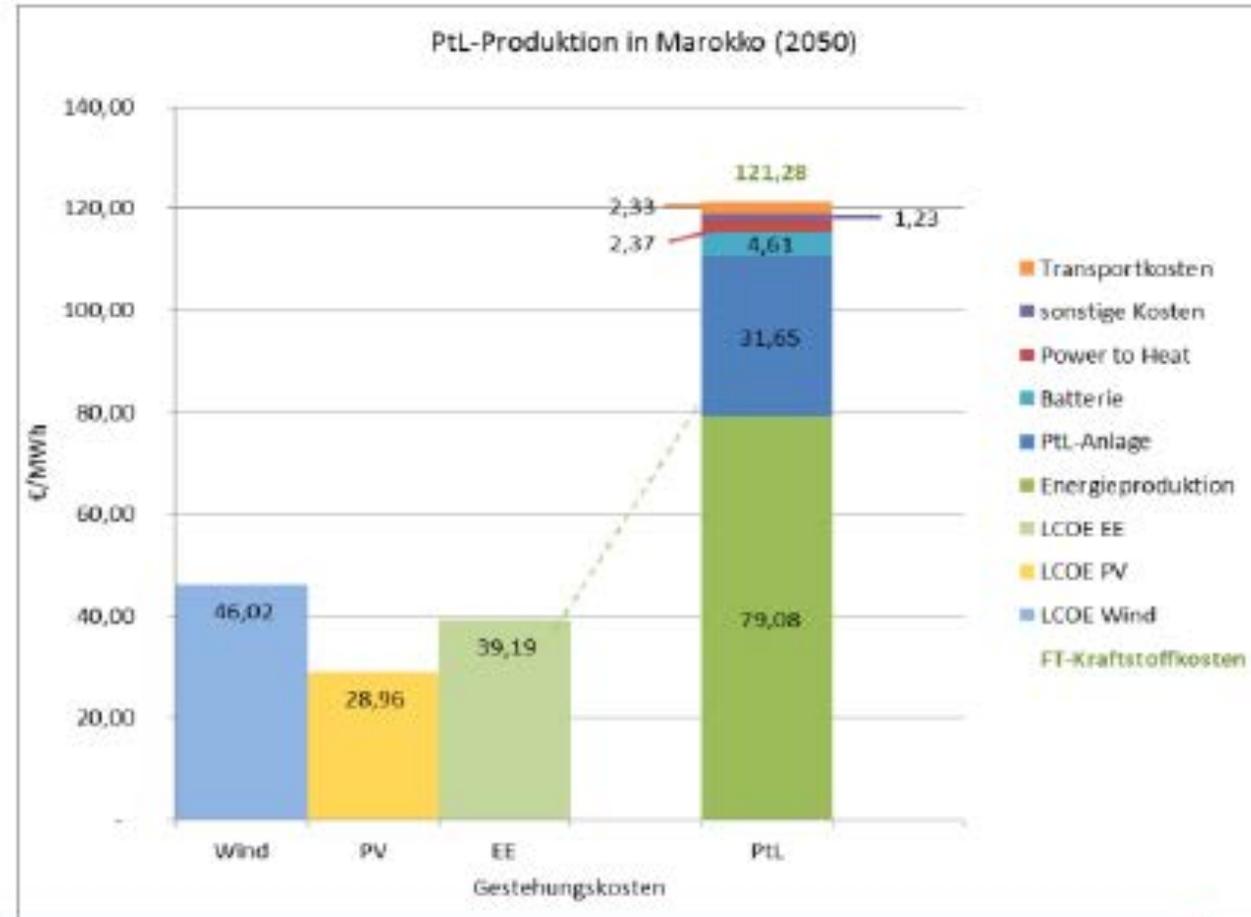


\*inklusive des von Deutschland abgehenden internationalen Luftverkehrs und des Seeverkehrs mit deutschen Häfen

# Kosten strombasierter Kraftstoffe

■ 2030  
mittlere  
Kosten-  
degression  
und  
Wirkungsgrad-  
steigerung  
1,50 €/l

■ 2050  
langfristige  
Untergrenze  
der Lernkurven  
1,20 €/l



# CO<sub>2</sub>-Ausstoß von Elektrofahrzeugen (Nutzungsphase)

CO<sub>2</sub> Strommix 2015: 535 Gramm CO<sub>2</sub>/kWh (2013: 579)



## BMW i3:

125 kw

17,4 kWh = 93 Gramm CO<sub>2</sub>/km



## Nissan Leaf Acenta:

80 kw

20,5 kWh = 110 Gramm CO<sub>2</sub>/km



## Tesla Model S P90D:

345 kw

24,0 kWh = 128 Gramm CO<sub>2</sub>/km

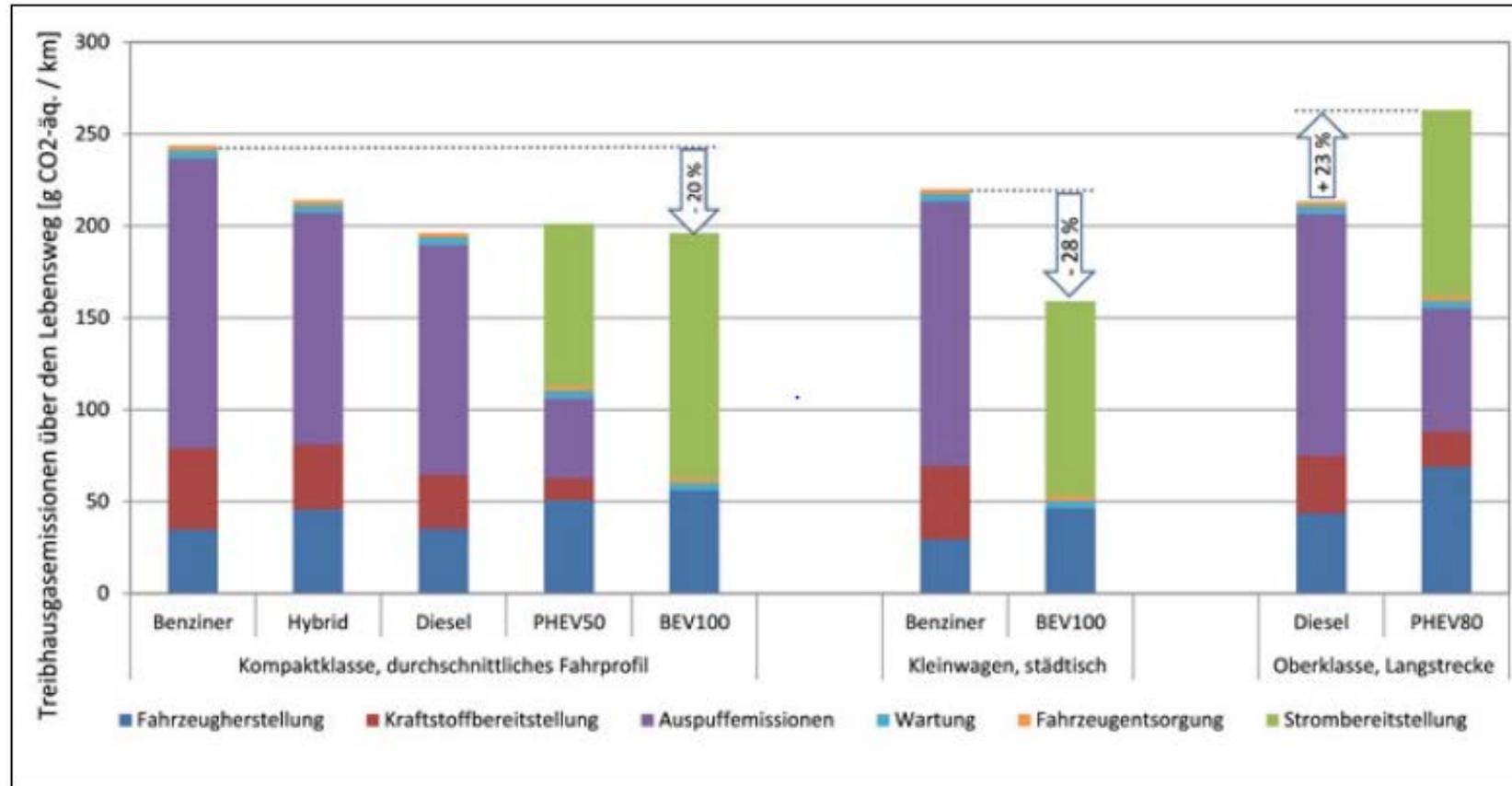
# Stärken und Schwächen von Elektrofahrzeugen\*

	BEV <sub>100</sub> ggü. ICEV <sub>otto</sub>		PHEV <sub>50</sub> ggü. ICEV <sub>otto</sub>	
	Heute	2030	Heute	2030
Treibhausgasemissionen	+	+	+	+
Versauerung	-	+	-	+
Sommersmog	+	++	+	+
Terrestrische Eutrophierung	+	++	+	+
Feinstaubemission	--	-	-	-
Wasserentnahme	--	--	--	--
Flächenbedarf	++	++	+	++
Kumulierter Energieaufwand	+	+	+	+
Kumulierter Rohstoffaufwand	--	-	--	-

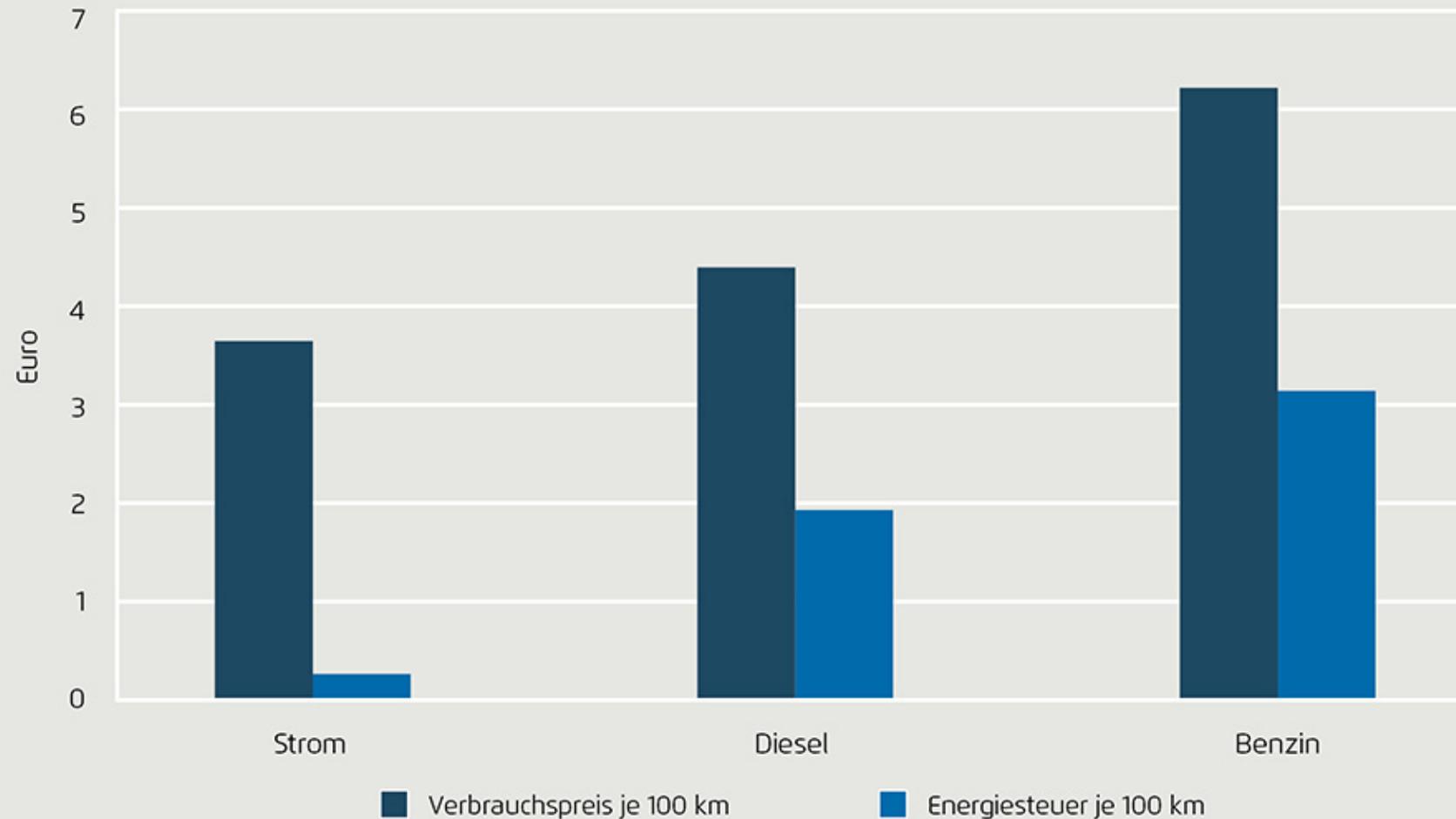
++	Reduktion > 50%	+	Reduktion < 50%	--	Erhöhung > 50%	-	Erhöhung < 50%
----	-----------------	---	-----------------	----	----------------	---	----------------

# Klimawirkung verschiedener Fahrzeugkonzepte (Herstellung und Nutzung)



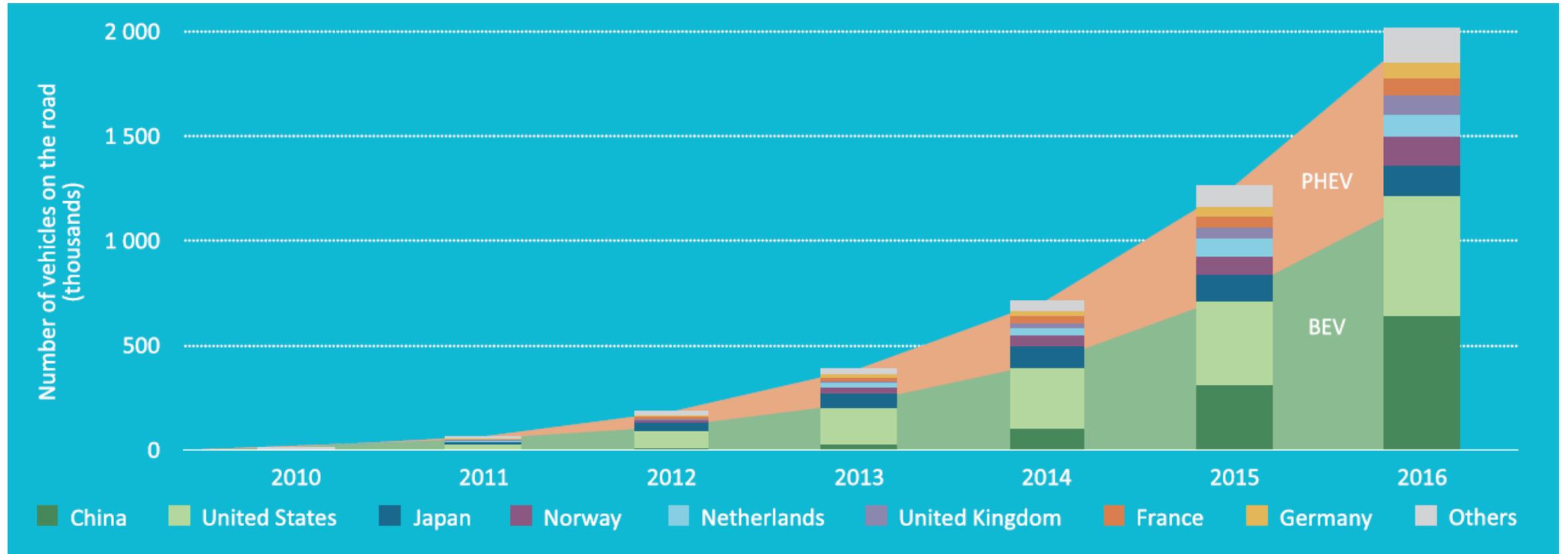
Heutige Klimawirkung von Elektrofahrzeugbeispielen pro gefahrenen Kilometer  
(Deutscher Strommix 2014, Angenommene Lebensfahrleistung: durchschnittlich 170 000 km, städtisch 100 000 km, Langstrecke 300 000 km)

# Verbraucherpreise und Energiesteuern bezogen auf 100 Pkw-Kilometer mit unterschiedlichen Antriebskonzepten



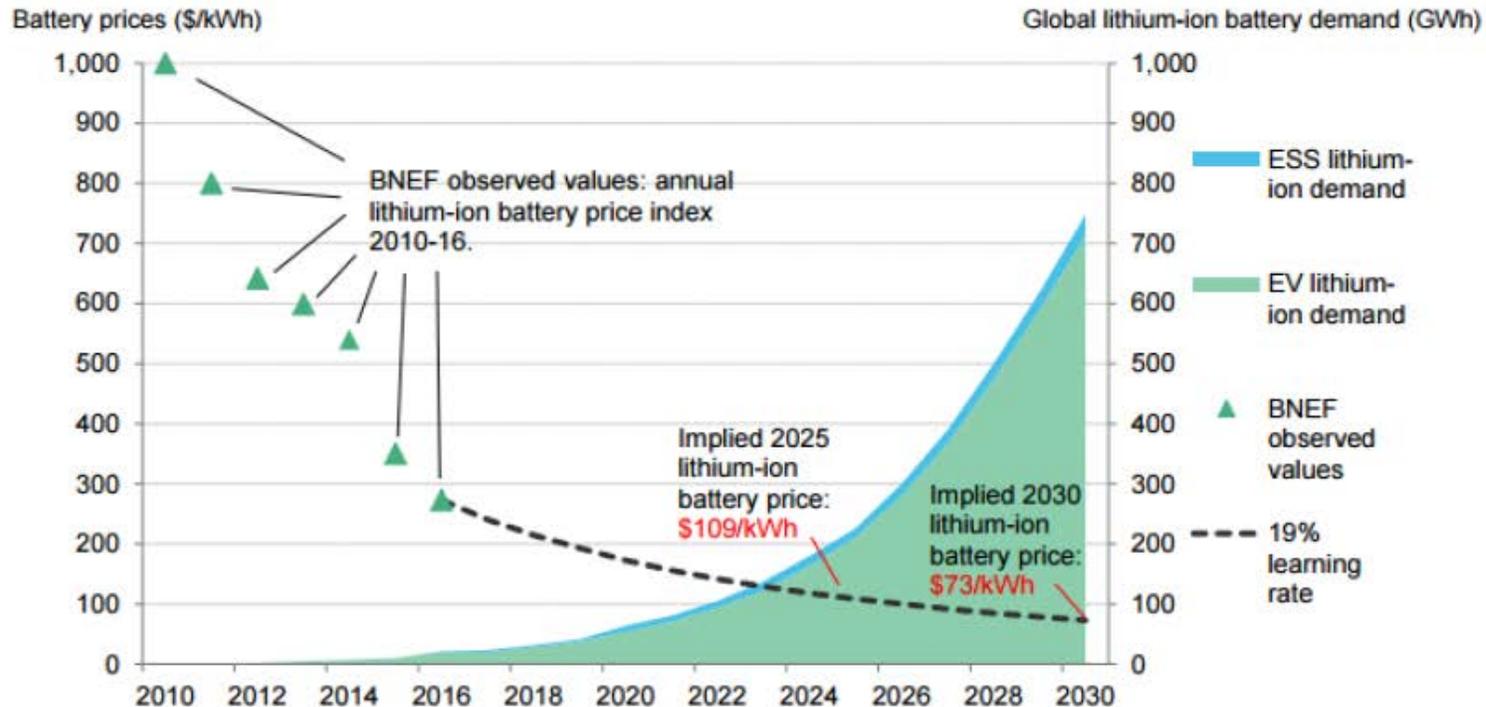
Quellen: Eigene Darstellung (Verbrauch, Herstellerangaben Basisvarianten VW Golf 02/2017 (12,7 kWh, 4,1 l, 4,8 l), [www.volkswagen.de](http://www.volkswagen.de); Energiesteuer, [www.zoll.de](http://www.zoll.de), Verbrauchspreis Strom 2016, [www.strom-report](http://www.strom-report), Verbrauchspreis Diesel und Benzin 2016, [www.mwv.de](http://www.mwv.de))

# Bestand von E-Fahrzeugen (BEV und PHEV), 2010-16



## Lithium-ion battery pack prices will drop another 75% by 2030

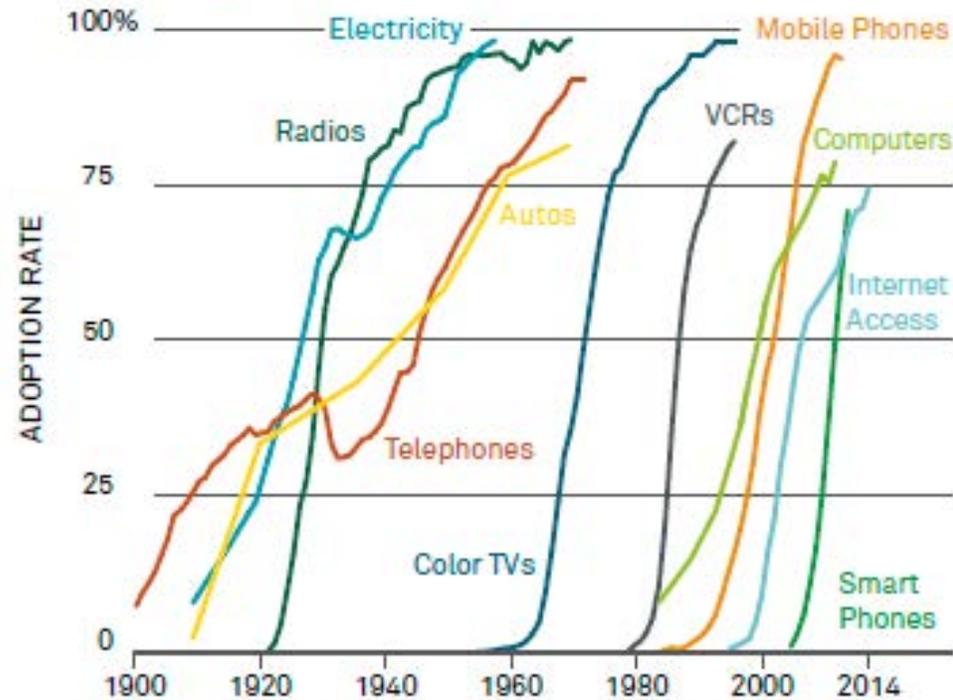
Lithium-ion battery price forecast



# Wie schnell neue Technologien den Markt erobern

## QUICKER ADOPTIONS

U.S. Technology Adoption Rates, 1900–2014



Sources: BlackRock Investment Institute, Federal Communications Commission, U.S. Census Bureau, World Bank and Statista, July 2014. Note: Adoption rates are based on household ownership except for cell phone and smart phones, which are based on ownership per capita.

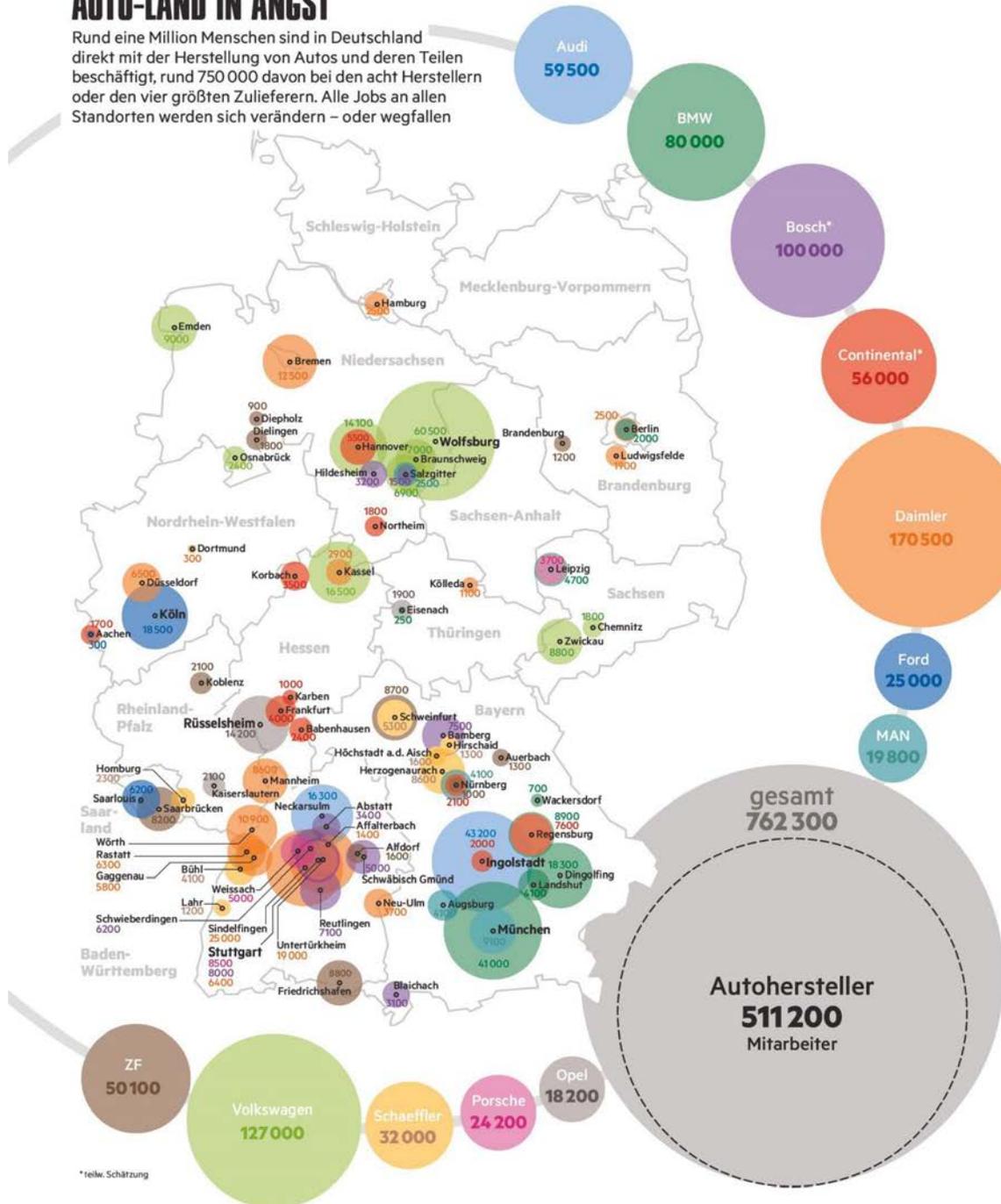
# Antriebstechnik in 25 Jahren - Umfrage

0 10 20 30 40 50 60%



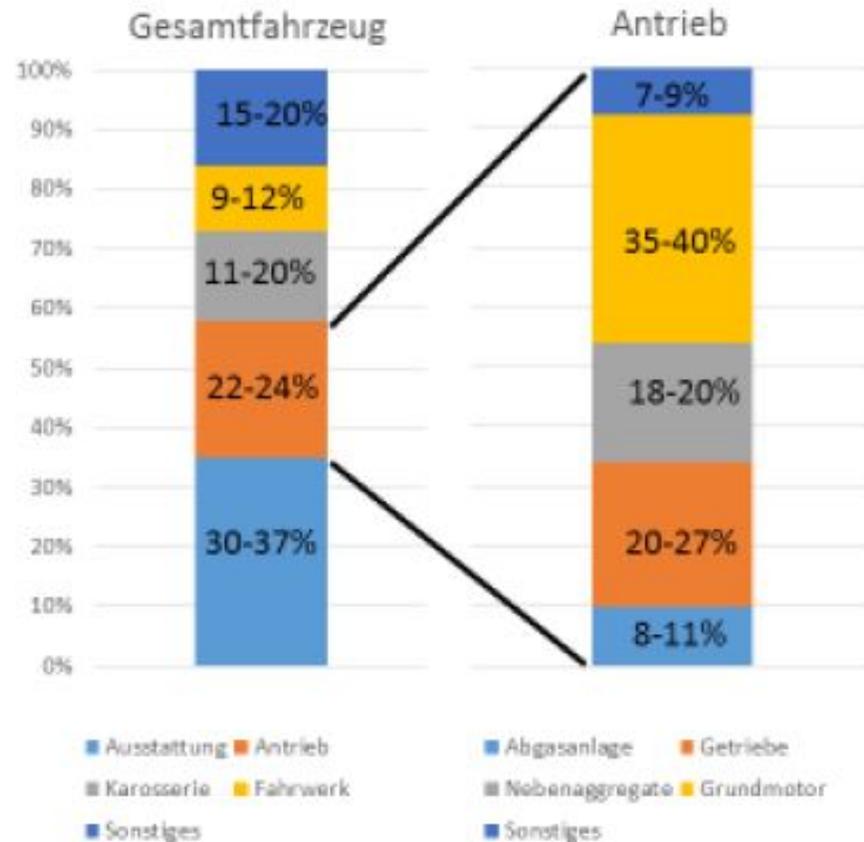
# AUTO-LAND IN ANGST

Rund eine Million Menschen sind in Deutschland direkt mit der Herstellung von Autos und deren Teilen beschäftigt, rund 750 000 davon bei den acht Herstellern oder den vier größten Zulieferern. Alle Jobs an allen Standorten werden sich verändern – oder wegfallen

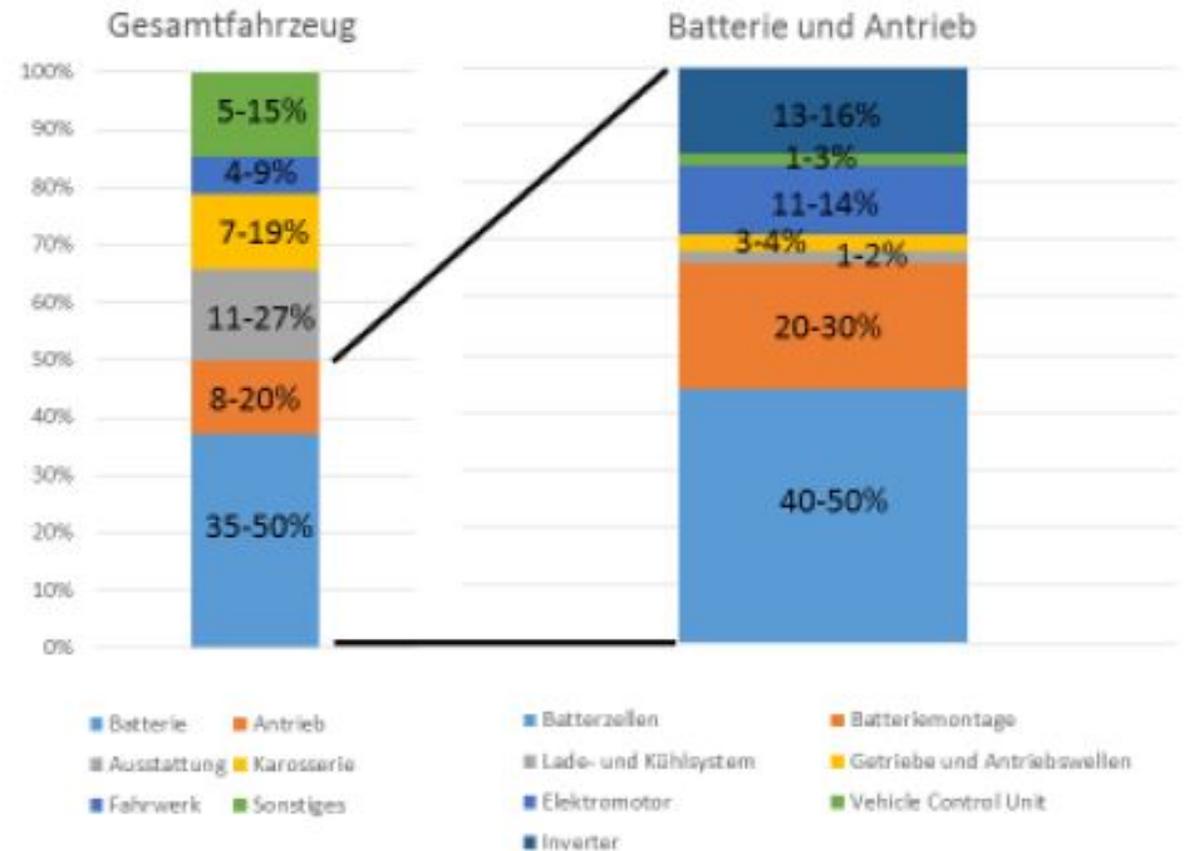


\*relw. Schätzung

## Verbrenner

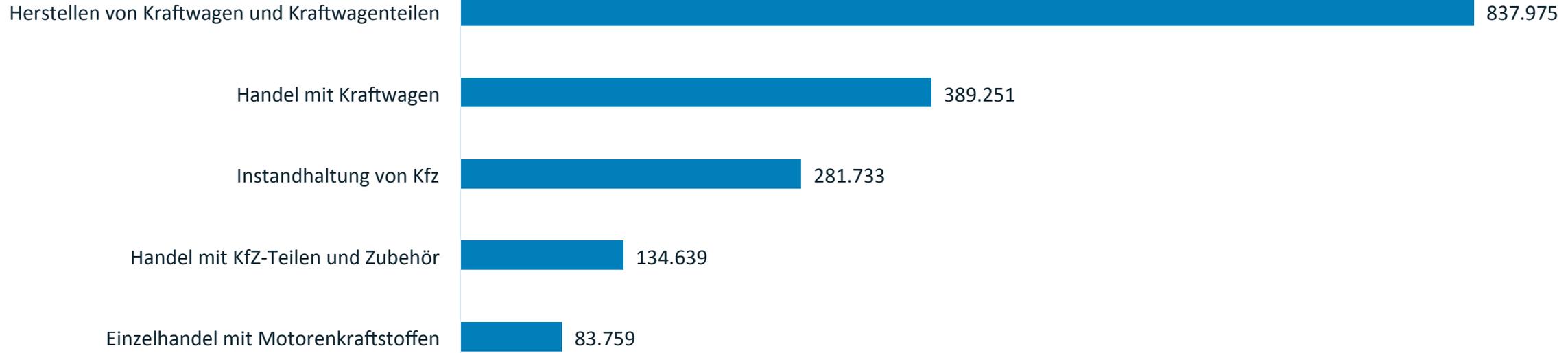


## Stromer

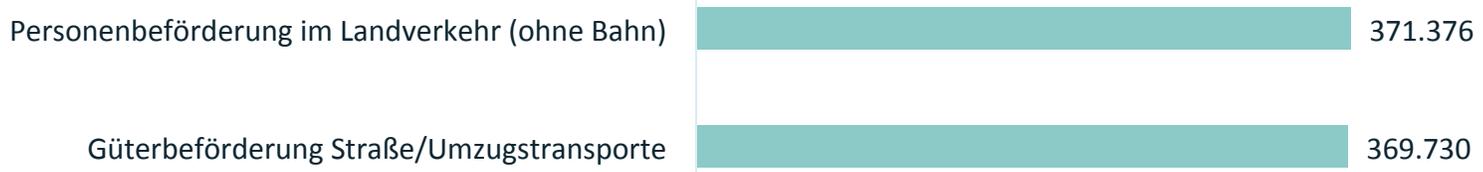


# Arbeitsplätze im Transportsektor in Deutschland

Herstellung & Handel



Logistik & Beförderung



„Wir haben uns neulich in kleinerem Kreis damit beschäftigt, welche disruptiven Veränderungen es allein in der Automobilindustrie gibt. Es werden nicht mehr alle Menschen ein Auto besitzen wollen, das Auto wird autonom fahren können, und die Antriebstechnologien werden sich dramatisch verändern. Entweder reagieren wir darauf..., oder wir sind zu langsam, und andere werden uns übertrumpfen.“

(Angela Merkel, 23.11.2016)

## Wer kritisch fragt, ist noch längst kein Kernkraftgegner.



Viele junge Leute empfinden Kernkraftwerke als bedrohlich. Wir, die deutschen Stromversorger, haben ihre Kritik nie leichtfertig abgetan. Im Gegenteil: Wir stellen uns dieselben Fragen, die sie bewegen.

Kann Deutschland aus der Kernenergie aussteigen? Ja. Die Folge wäre allerdings eine starke Steigerung der Atomverschmutzung, nicht der Emissionen des Treibhausgases CO<sub>2</sub>. Denn regeneratives Energie aus Sonne, Wasser oder Wind können auch langfristig nicht mehr als 15% unseres Strombedarfs decken.

Können wir ein solches Versagen verantworten? Nein. Der steigende Energiebedarf der dritten Welt verpflichtet die reichen Staaten, ihre CO<sub>2</sub>-Emissionen zu mindern.

Schaffen wir das ohne Kernkraft, allein durch Energieeffizienz? Nein. Kernkraftwerke liefern 34% des deutschen Stroms und ersparen der Atmosphäre jährlich 160 Mio. Tonne CO<sub>2</sub> – bei einem international vorbildlichen Sicherheitsstandard. Also: Treibhaus oder Kernkraft? Das ist hier die Frage!

Viele junge Leute stellen kritische Fragen. Wir auch. Denn unsere schärfsten Kritiker sind wir selbst.

Ihre Stromversorger

Badenwerk Karlsruhe \* Bayernwerk München \* EVS Stuttgart \* Isar-Amperwerke München \* Neckarwerke Esslingen \* PreussenElektra Hannover \* RWE Energie Essen \* TWS Stuttgart \* VEW Dortmund

... regenerative Energien,  
wie Sonne, Wasser oder Wind  
können auch langfristig  
nicht mehr als 4 % unseres  
Strombedarfs decken. ...

Badenwerk Karlsruhe \* Bayernwerk München \*  
EVS Stuttgart \* Isar-Amperwerke München \*  
Neckarwerke Esslingen \* PreussenElektra  
Hannover \* RWE Energie Essen \* TWS Stuttgart  
\* VEW Dortmund

Anzeige SZ 1993 Nr. 152

... kann fliegen



**Vielen Dank!**

---

---

Anna-Louisa-Karsch Str. 2 | D-10178 Berlin

**T** +49 30 700 1435-000 | **F** +49 30 700 1435-129

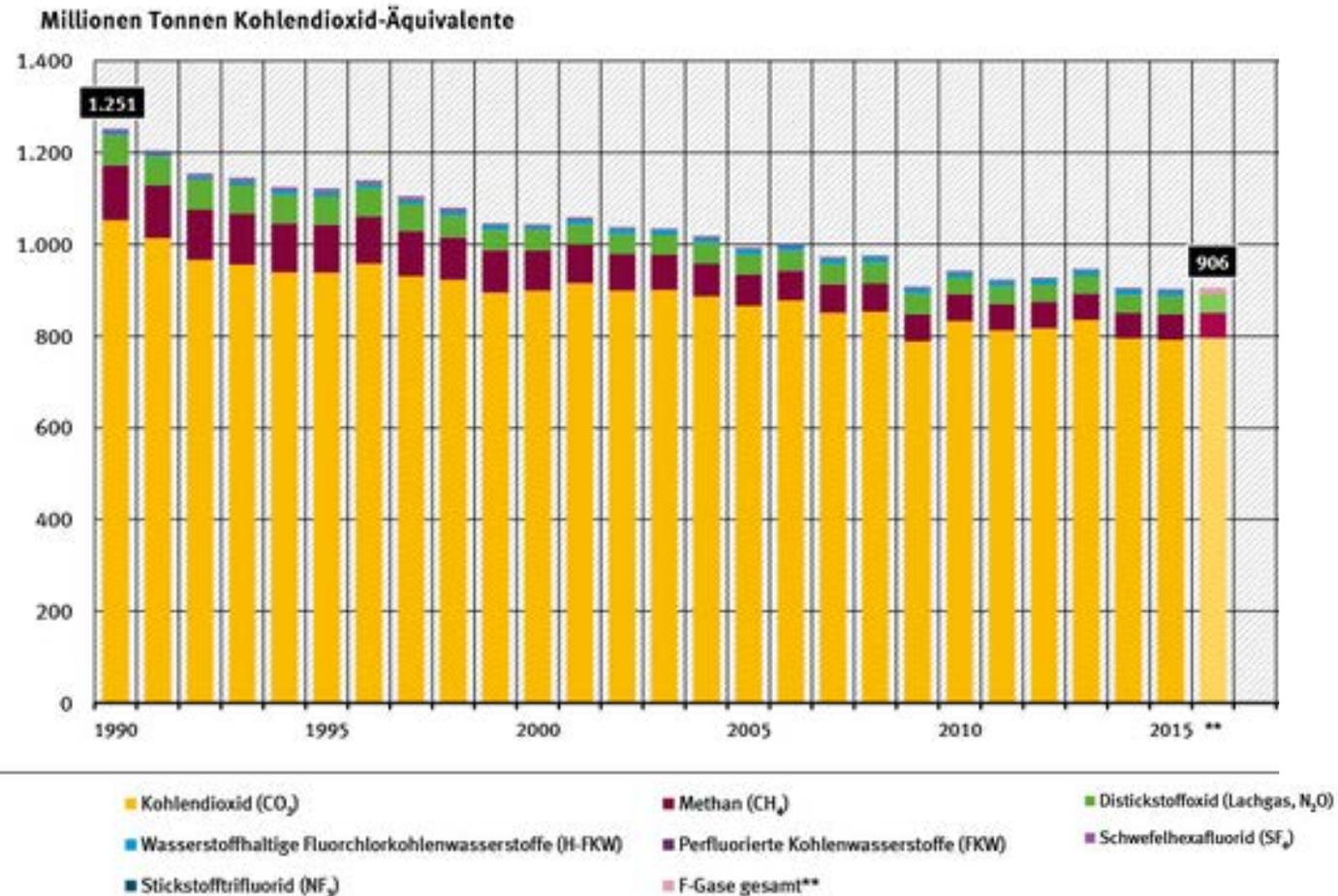
**M** [info@agora-verkehrswende.de](mailto:info@agora-verkehrswende.de)

Agora Verkehrswende ist eine gemeinsame Initiative der Stiftung Mercator und der European Climate Foundation.





# Treibhausgas-Emissionen seit 1990 nach Gasen in Deutschland



\* Ziele 2020 bis 2050: Energiekonzept der Bundesregierung (2010)

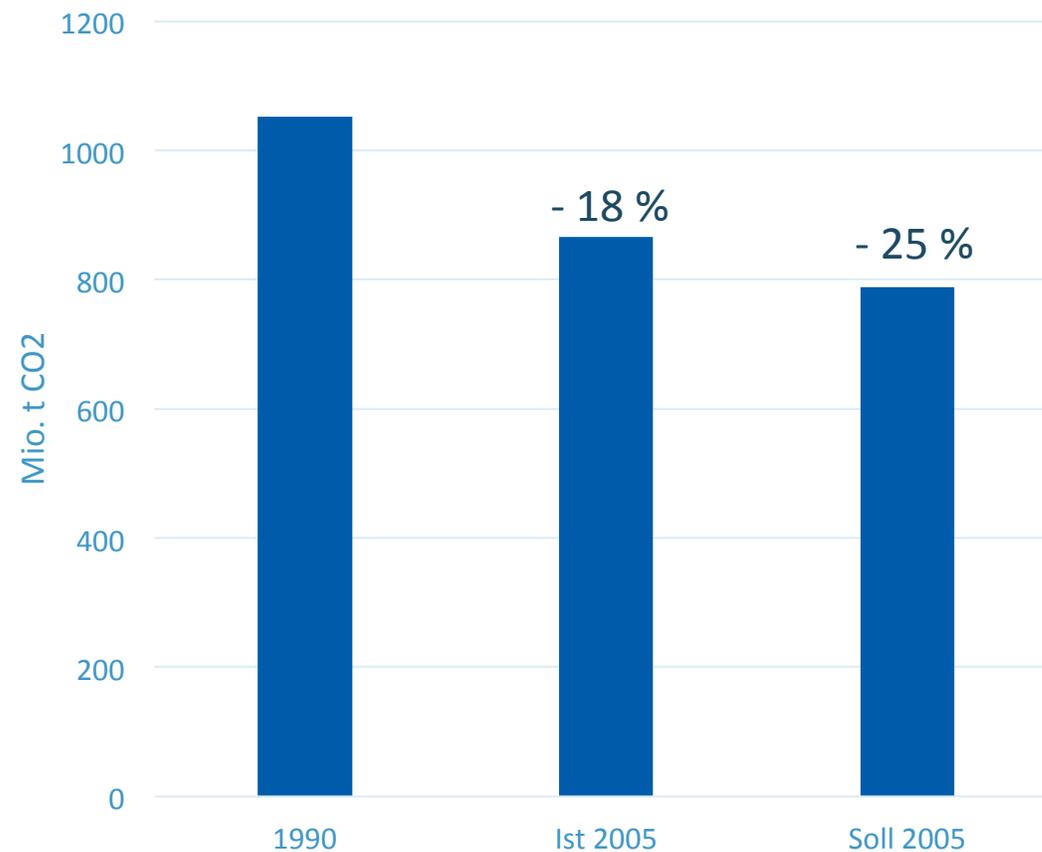
\*\* Schätzung 2016

# Klimaschutzversprechen 1995

**Bis 2005 minus 25% CO<sub>2</sub> im Vergleich zu 1990\***

\*Bundeskanzler Helmut Kohl bei COP1 in Berlin  
1995

## CO<sub>2</sub>-Emissionen 1990 / 2005

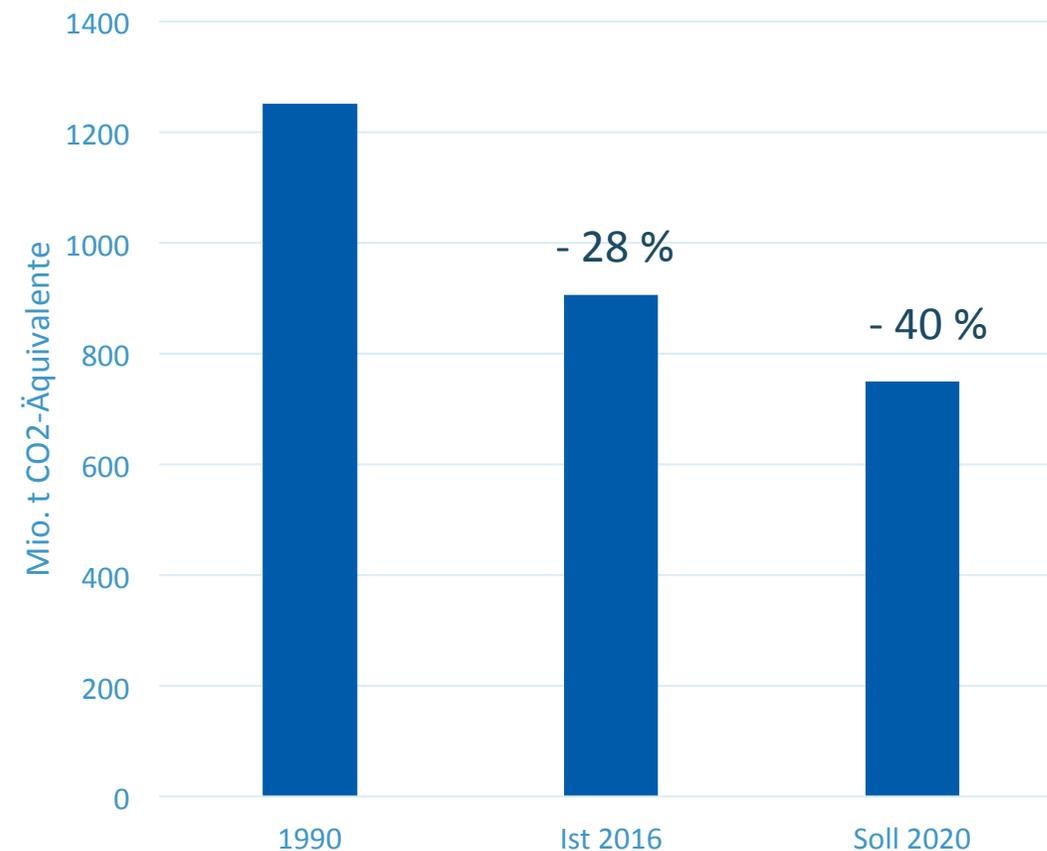


# Klimaschutzversprechen 2002

Senkung der Treibhausgas-Emissionen um 40% bis 2020 gegenüber 1990\*

\*Koalitionsvertrag 2002

## THG-Emissionen 1990 / 2016



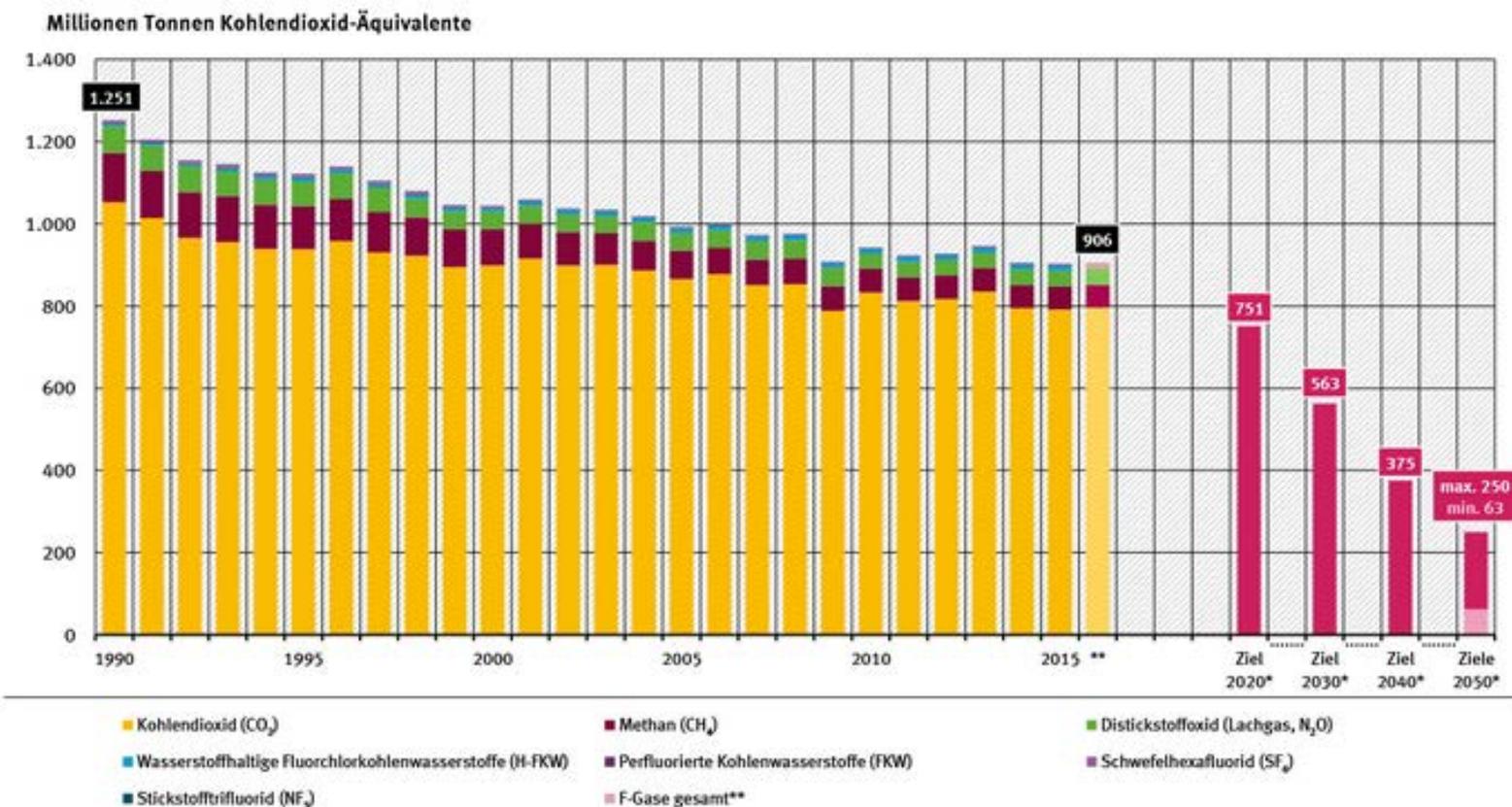
# Klimaschutzversprechen 2010/2016

Senkung der THG-Emissionen um mindestens 55% bis 2030, 70% bis 2040 und um 80-95% bis 2050\*

Weitgehende Treibhausgasneutralität bis 2050\*\*

\*Energiekonzept vom September 2010 \*\*Klimaschutzplan 2050 vom Dezember 2016

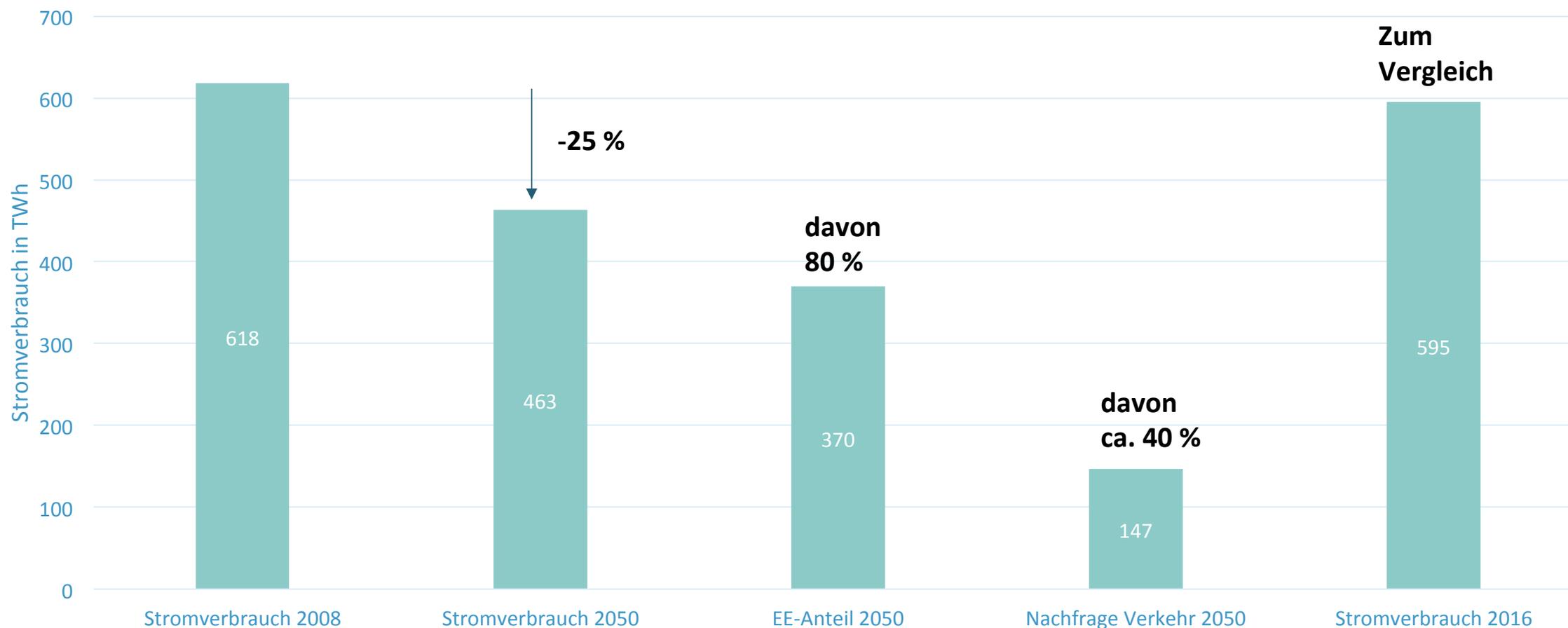
Treibhausgas-Emissionen seit 1990 nach Gasen



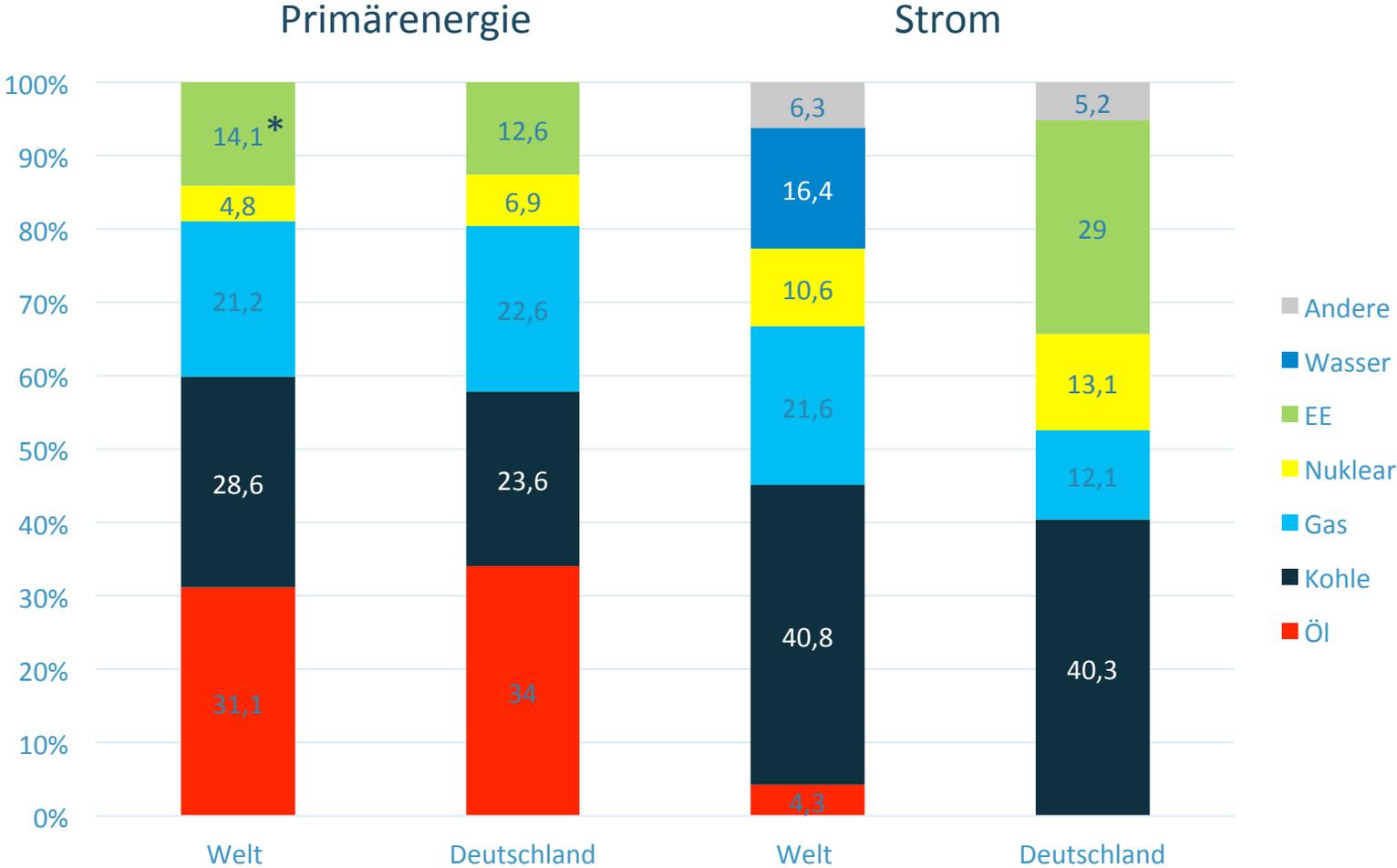
\* Ziele 2020 bis 2050: Energiekonzept der Bundesregierung (2010)  
 \*\* Schätzung 2016

Quelle: Umweltbundesamt, Nationale Treibhausgas-Inventare 1990 bis 2015  
 (Stand 02/2017) und Schätzung für 2016 (Stand 03/2017)

# Geplante EE-Stromerzeugung und Stromnachfrage des Verkehrs



# Energiemix – weltweit (2014) und Deutschland (2016)



Quelle: IEA, AGEB

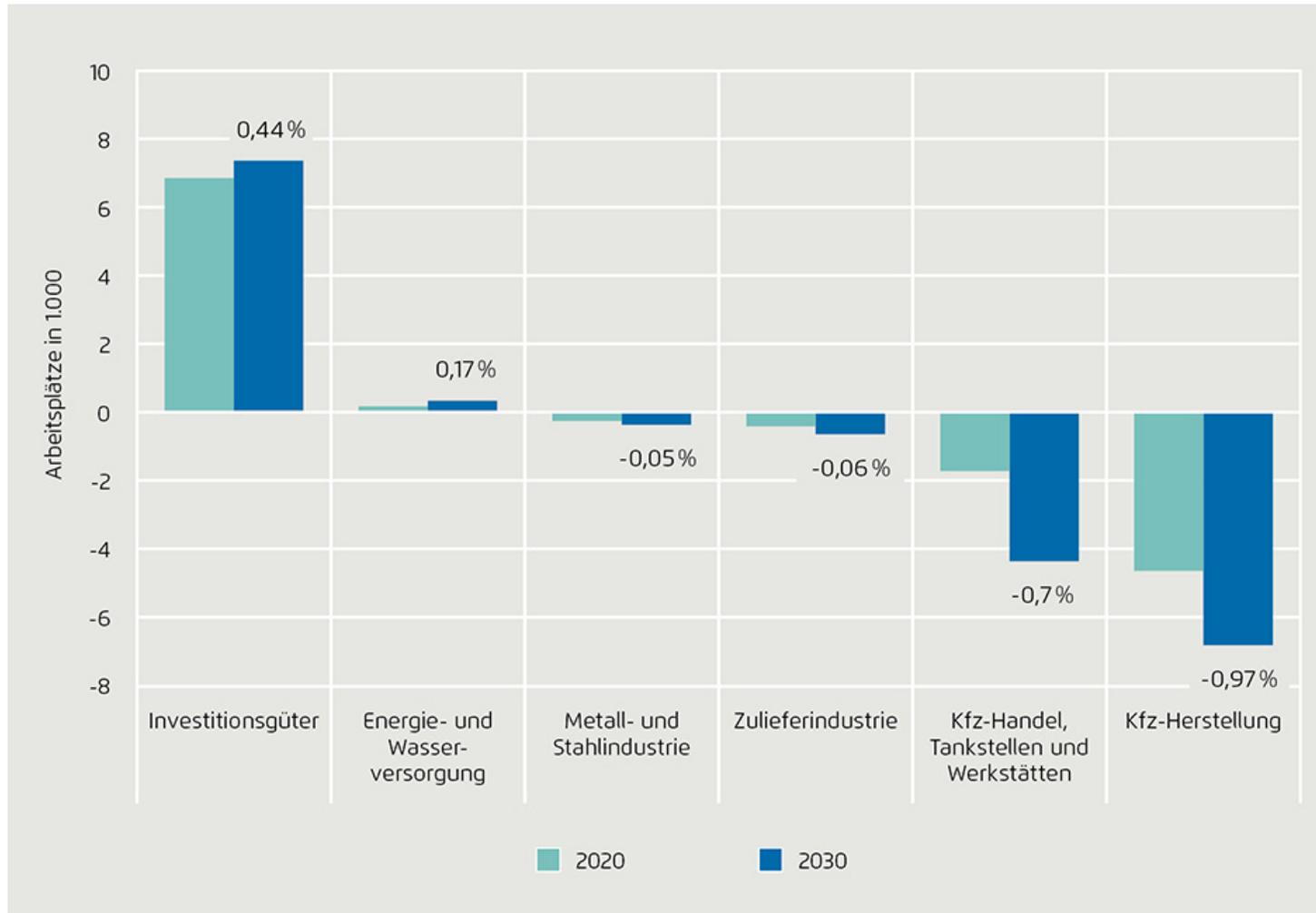
\*davon Wind, Solar, Gezeitenenergie und Geothermie: 1,4 %

# Paris Declaration on Electro-Mobility and Climate Change & Call to Action

“According to the International Energy Agency, this transition will require, inter alia, pursuit of global rail transport electrification, already underway, as well as **at least 20 percent of all road transport vehicles globally to be electrically driven by 2030** – if warming is to be limited to 2 degrees or less. Of this, light vehicles would primarily contribute: more than 400 million two and three-wheelers in 2030, up from roughly 230 million today; and more than **100 million cars in 2030**, up from 1 million today. “

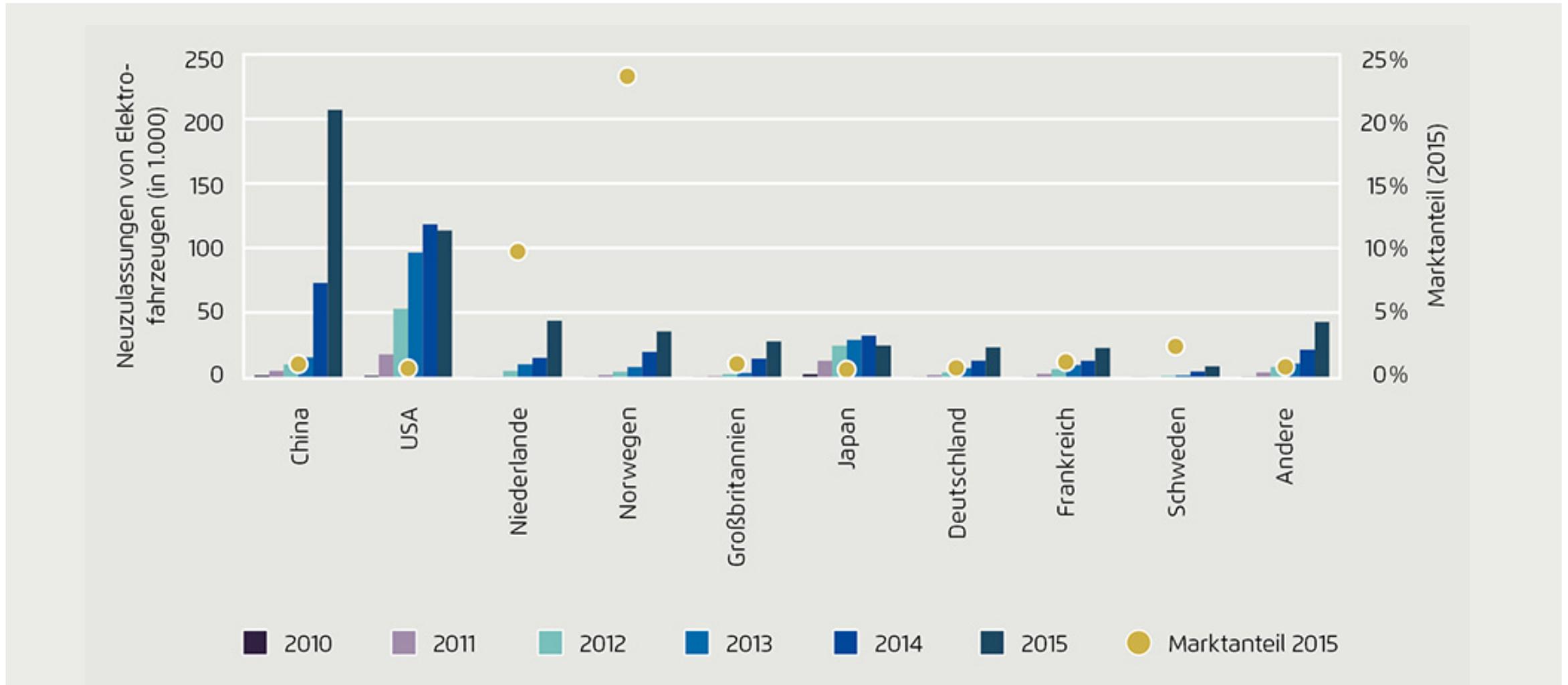
[Avere-Europe](#)  
[Avere-France](#)  
[ChargePoint Electric Vehicle Charging](#)  
[Clean Air Asia \(Clean Air Initiative for Asian Cities Center, Inc.\)](#)  
[E-poste](#)  
[Electric Vehicle Initiative \(EVI\)](#)  
[EV4SCC \(Electric Vehicle for Smart Cities and Communities\)](#)  
[EIA Foundation](#)  
[Global Fuel Economy Initiative](#)  
[Industry Pledge COP21 to Achieve Electro-mobility Goals](#)  
[International Energy Agency](#)  
[International Zero-Emission Vehicle Alliance \(ZEV Alliance\)](#)  
[Michelin Worldwide](#)  
[Move Climate Challenge](#)  
[Partnership on Sustainable, Low Carbon Transport \(SLoCaT\)](#)  
[Polis – European Cities and Regions Networking for Innovative Transport Solutions](#)  
[Renault-Nissan Alliance](#)  
[SOLUTIONS, Global](#)  
[Taxis4SmartCities](#)  
[Tesla Motors](#)  
[United Nations Environment Programme \(UNEP\)](#)  
[Urban Electric Mobility Initiative \(UFMI\)](#)  
[Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy](#)  
[Zero Emissions Urban Bus System \(ZeEUS\) by International Association of Public Transport \(UITP\)](#)

# Beschäftigungseffekte der Energiewende im Verkehr\*



\* Abweichungen des Szenarios mit forcierter E-Mobilität (2030: 6,1 Mio. E-Fahrzeuge im Bestand) gegenüber dem Referenzszenario (2030: 3,2 Mio. E-Fahrzeuge)

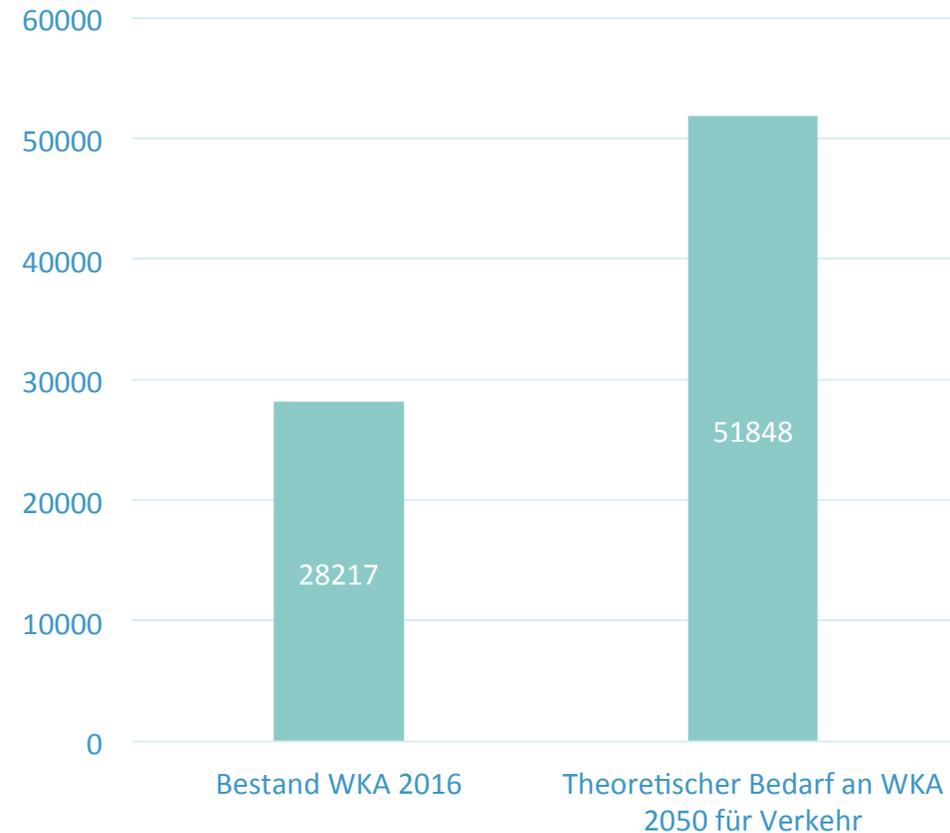
# Verkauf von Batterieelektrischen Fahrzeugen und Plug-in-Hybriden in verschiedenen Ländern und Regionen



# Ausbaubedarf Windkraftanlagen für Stromnachfrage des Verkehrs

Stromerzeugung durch WKA 2016: 80 TWh = 12 %

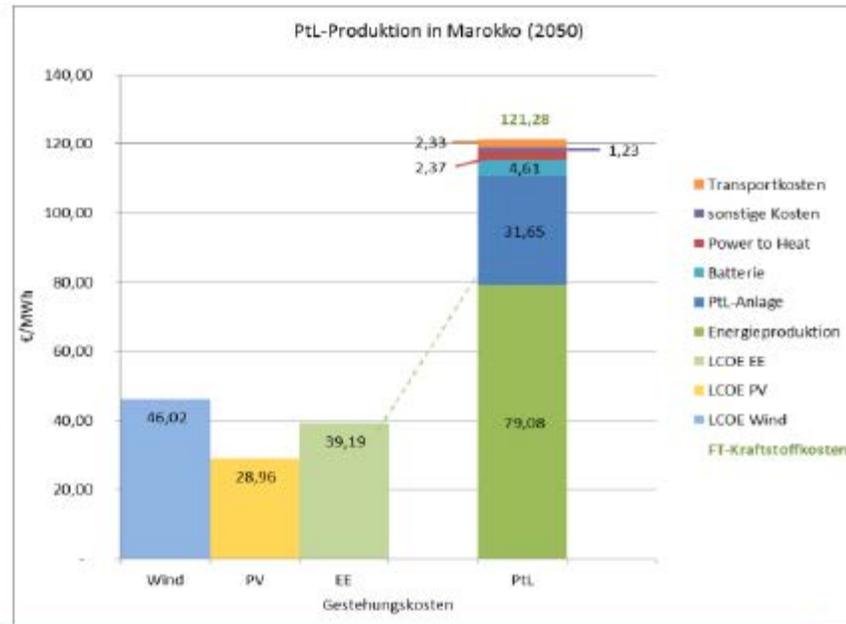
52 % Akzeptanz in der direkten Nachbarschaft



## Optimierte PtL-Kosten

■ 2030  
mittlere  
Kosten-  
degression  
und  
Wirkungsgrad-  
steigerung  
1,50 €/l

■ 2050  
langfristige  
Untergrenze  
der Lernkurven  
1,20 €/l



© Fraunhofer IWES

## Spezifische Emissionen und Energie(Strom)steuer pro Tonne CO<sub>2</sub>

1 Kilowattstunde Strom = 535 Gramm CO<sub>2</sub> (Strommix 2015) = 38,32 €/t CO<sub>2</sub>  
Energiesteuer

1 Liter Super = 2320 Gramm CO<sub>2</sub> = 277,86 €/t CO<sub>2</sub>  
(8,77 kwh)

1 Liter Diesel = 2650 Gramm CO<sub>2</sub> = 177,37 €/t CO<sub>2</sub>  
(9,86 kwh)

---

# **THE BEGINNING OF THE END:**

## **Fundamental Changes in Energy Markets Are Undermining the Financial Viability of Coal-Fired Power Plants in Texas**



**Institute for Energy Economics  
and Financial Analysis**  
IEEFA.org

---

